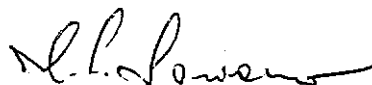


UTILIZAÇÃO DE "OUTRIGGERS" EM EDIFÍCIOS ALTOS

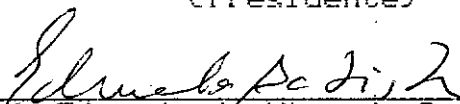
LUIZ FERNANDO LOUREIRO RIBEIRO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

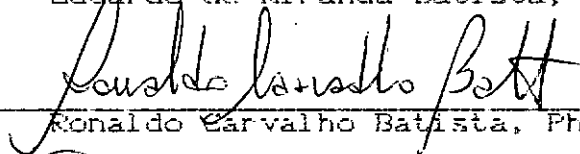
Aprovada por



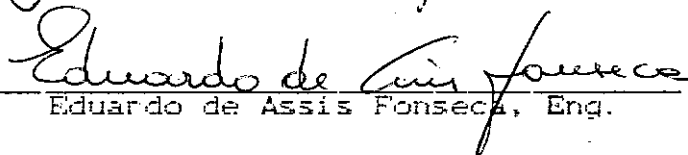
Humberto Lima Soriano, D.Sc.
(Presidente)



Eduardo de Miranda Batista, D.Sc.



Ronaldo Carvalho Batista, Ph.D.



Eduardo de Assis Fonseca, Eng.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 1990

RIBEIRO, LUIZ FERNANDO L.

Utilização de "OUTRIGGERS" em Edifícios Altos
(Rio de Janeiro) 1990.

XI , 134 p. 29,7 cm, (COPPE/UFRJ, M. Sc.,
Engenharia Civil, 1990)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro,
COPPE.

1. Estruturas 1. COPPE/UFRJ II. TÍTULO
(série)

À minha esposa, Maria Aparecida,
e aos meus filhos, Guilherme,
Leandro e Fernanda.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Humberto Lima Soriano, pelo exemplo profissional, amizade e conhecimentos transmitidos durante a orientação deste trabalho.

A todos os professores da COPPE/UFRJ, pelos ensinamentos recebidos.

A meus colegas do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas/UFOP, pelo apoio e constante incentivo, em especial aos professores Antônio Maria Claret de Gouveia e Francisco Carlos Rodrigues.

Aos meus pais, Sebastião e Inês, pelo exemplo de dignidade e trabalho que me legaram.

À minha esposa e meus filhos, pela compreensão das ausências do marido e pai.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

UTILIZAÇÃO DE "OUTRIGGERS" EM EDIFÍCIOS ALTOS

LUIZ FERNANDO LOUREIRO RIBEIRO

MARÇO, 1990

Orientador: Humberto Lima Soriano

Programa: Engenharia Civil

O presente trabalho objetiva o estudo da utilização de dispositivos redutores do deslocamento lateral de topo de sistemas estruturais de contraventamento de edifícios altos submetidos a carregamentos laterais de vento.

Visando aferir a influência da variação deste carregamento com a posição ótima de colocação dos "OUTRIGGERS", adota-se um carregamento lateral com distribuição linear equivalente ao carregamento de vento obtido segundo as prescrições da NBR 6123, desenvolvendo-se equações que permitem a utilização de um ou vários "OUTRIGGERS", obtendo-se seus pontos de colocação, sua eficiência e sua influência na redução do momento fletor na base do sistema de contraventamento do edifício.

Através de um exemplo, são feitas comparações com o comportamento de uma estrutura real e apresentadas conclusões quanto ao emprego das equações desenvolvidas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

USE OF OUTRIGGERS IN TALL BUILDINGS

LUIZ FERNANDO LOUREIRO RIBEIRO

March, 1990

Chairman: Humberto Lima Soriano

Department: Civil Engineering

This work aims to study the use of outriggers to reduce the sideway top displacement of tall buildings under lateral wind loading.

A lateral load with equivalent linear distribution to the actual wind load is adopted and equations for one or several outriggers are developed seeking for optimum positioning and their efficiency in reducing sideway top displacements and on the reduction of core base moment are investigated.

For the outriggers in their optimum locations the effect of the adopted linear distribution of loading on sideway top displacement is evaluated in comparison with its uniform distribution counterpart.

In an example, comparisons are made for the behaviour of a real structure, and conclusions are drawn as to use the developed equations.

contraventamento vertical

- n - Número de pavimentos-tipo de um edifício
- P - Peso total de aço utilizado nos pilares de um edifício
- p - Carga total, por metro quadrado, atuante em cada pavimento-tipo de um edifício
- P_c - Relação entre o peso dos pilares e a área total construída de um edifício
- R - Relação entre o menor e o maior valor do carregamento lateral linearmente distribuído
- Resultante do carregamento lateral linearmente distribuído
- S - Parâmetro de rigidez do "OUTRIGGER"
- S_1 - Fator topográfico, utilizado na obtenção da velocidade característica do vento
- Parâmetro de rigidez, relativo ao sistema de contraventamento vertical e aos pilares perimetrais do edifício
- S_2 - Fator utilizado na obtenção da velocidade característica do vento, que leva em consideração a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação em planta e de sua altura sobre o terreno
- S_g - Fator baseado em parâmetros probabilísticos, utilizado na obtenção da velocidade característica do vento
- V_k - Velocidade característica do vento
- V_o - Velocidade básica do vento
- \bar{X}_l - Parâmetro adimensional de posicionamento ótimo do "OUTRIGGER" l
- \bar{X}_l - Posição ótima de colocação do "OUTRIGGER" l , medida a partir do topo do sistema de contraventamento vertical
- W_1 - Menor valor do carregamento lateral linearmente distribuído
- W_2 - Maior valor do carregamento lateral linearmente distribuído
- γ - Peso específico do aço

NOMENCLATURA

- A - Área total de cada pavimento
- A_c - Área da seção transversal do pilar ligado ao "OUTRIGGER"
- a - Semi - distância dos pilares do sistema de contraventamento vertical
- C_H - Consumo de aço devido às cargas horizontais
- C_V - Consumo de aço devido às cargas verticais
- C_T - Consumo total de aço em um edifício
- d - Distância entre pilares ligados aos "OUTRIGGERS", situados em fachadas opostas do edifício
- E - Módulo de elasticidade do material utilizado no sistema de contraventamento vertical
- E_c - Módulo de elasticidade do material utilizado nos pilares perimetrais do edifício
- E_o - Módulo de elasticidade do material utilizado nos "OUTRIGGERS"
- h - Pé-direito dos pavimentos-tipo de um edifício
- I - Momento de inércia do sistema de contraventamento vertical
- I_o - Momento de inércia equivalente do "OUTRIGGER"
- I'_o - Momento de inércia efetivo do "OUTRIGGER"
- K_o - Parâmetro de rigidez, relativo às inércias do sistema de contraventamento, dos pilares perimetrais e do "OUTRIGGER"
- M_l - Momento introduzido no sistema de contraventamento vertical pela ação do "OUTRIGGER" λ
- M_n - Máxima redução do momento na base do sistema de contraventamento vertical, considerando seu funcionamento completamente solidário com os pilares perimetrais do edifício
- M% - Eficiência do(s) "OUTRIGGER(S)" em termos da redução do momento na base do sistema de

- Δ_n - Máxima redução do deslocamento horizontal de topo do sistema de contraventamento vertical, considerando o seu funcionamento perfeitamente solidário com os pilares perimetrais
- Δ_o - Deslocamento horizontal de topo do sistema de contraventamento vertical, considerando a ação do(s) "OUTRIGGER(S)"
- $\Delta\%$ - Eficiência do(s) "OUTRIGGER(S)" em termos de redução do deslocamento horizontal de topo do sistema de contraventamento vertical
- $\bar{\sigma}$ - Tensão admissível média do aço à compressão
- θ - Rotação do sistema de contraventamento vertical no ponto onde se engasta(m) o(s) "OUTRIGGER(S)"
- θ_a - Parcela da rotação do sistema de contraventamento vertical, devida à deformação axial diferencial dos pilares perimetrais
- θ_b - Parcela da rotação do sistema de contraventamento vertical, devida à flexão do(s) "OUTRIGGER(S)"

ÍNDICE

CAPÍTULO I	- INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO II	- DESLOCAMENTO LATERAL DE EDIFÍCIOS ALTOS.	4
II.1	- CARGAS ATUANTES.....	4
II.1.1	- CARGAS PERMANENTES.....	4
II.1.2	- CARGAS VARIÁVEIS.....	6
II.1.3	- CARGAS DE MONTAGEM.....	7
II.1.4	- CARGAS DEVIDAS À VARIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	7
II.2	- AÇÃO DO VENTO EM EDIFÍCIOS ALTOS.....	9
II.3	- DESLOCAMENTO LATERAL SOB AÇÃO DO VENTO..	10
CAPÍTULO III	- SISTEMAS DE CONTRAVENTAMENTO.....	14
III.1	- CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
III.2	- PRINCIPAIS SISTEMAS DE CONTRAVENTAMENTO.	15
III.3	- TIPOS USUAIS DE CONTRAVENTAMENTO.....	18
III.3.1	- QUADROS RÍGIDOS.....	19
III.3.2	- QUADROS CONTRAVENTADOS.....	20
III.3.3	- NÚCLEO OU PILLARES-PAREDE.....	21
III.4	- COMPORTAMENTO SOB AÇÃO DE CARGAS LATERAIS.....	23
III.5	- REDUÇÃO DO DESLOCAMENTO LATERAL DE TOPO.....	24
III.6	- MODELO SIMPLIFICADO PARA ESTUDO DA AÇÃO DE UM "OUTRIGGER".....	29
CAPÍTULO IV	- AÇÃO DE UM "OUTRIGGER".....	31
IV.1	- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
IV.2	- NOVA FORMULAÇÃO MATEMÁTICA.....	32
IV.2.1	- HIPÓTESES BÁSICAS.....	32
IV.2.2	- LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DO "OUTRIGGER".....	33
IV.2.3	- MOMENTOS E ESFORÇOS AXIAIS.....	38
IV.2.4	- EFICIÊNCIA DO "OUTRIGGER".....	39
CAPÍTULO V	- GENERALIZAÇÃO PARA VÁRIOS "OUTRIGGERS"..	43
V.1	- MODELO COM DOIS "OUTRIGGERS".....	43
V.1.1	- LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DOS "OUTRIGGERS".....	43
V.1.2	- MOMENTOS E ESFORÇOS AXIAIS.....	48

V.1.3 - EFICIÊNCIA DOS "OUTRIGGERS".....	49
V.2 - EXPRESSÕES GENERALIZADAS PARA VÁRIOS "OUTRIGGERS".....	50
CAPÍTULO VI - EXEMPLO E CONCLUSÕES.....	54
VI.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	54
VI.2 - EXEMPLO.....	54
VI.2.1 - PRIMEIRA FASE.....	57
VI.2.2 - SEGUNDA FASE.....	60
VI.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	61
VI.4 - CONCLUSÕES.....	63
APÊNDICE I - TABELAS $K_0 \times X_L$	65
APÊNDICE II - PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DA POSIÇÃO ÓTIMA DE COLOCAÇÃO DE DOIS "OUTRIGGERS" E DE SUA EFICIÊNCIA.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

É consenso que a construção está intimamente ligada ao sucesso econômico de um país, principalmente após o notável crescimento populacional verificado neste século, prevendo-se, para o limiar do século XXI, um contingente populacional superior a 6 bilhões de pessoas no planeta. Este crescimento, aliado a uma grande concentração urbana, vem trazendo sucessivos desafios à indústria da construção, sendo os edifícios altos a alternativa mais difundida, considerando-se a pequena disponibilidade de terrenos adequados e a custos acessíveis nos grandes centros urbanos. Assim, a tendência atual indica, para o futuro, a construção de edifícios cada vez maiores, com grandes relações entre altura e área de ocupação do solo, apesar de, sob o ponto de vista humano, ainda estarem por resolver ou minimizar os problemas decorrentes do isolamento, da falta de relacionamento entre as pessoas em um edifício e da perda de contato com a vida nas ruas.

Fora do Brasil, a construção de edifícios de múltiplos andares, residenciais e comerciais, constitui um dos setores de maior aplicação de estruturas de aço, notadamente nos Estados Unidos. Lá a impressão que se tem é de que, na concepção e realização de um novo edifício, proprietários, arquitetos e engenheiros têm, como corolário lógico, a utilização de estruturas de aço, aproveitando as inúmeras vantagens oferecidas pelo tipo de material. Em nosso país, diversos fatores prejudicaram o pleno uso do aço em grandes estruturas urbanas mas, paulatinamente, esses fatores adversos vêm sendo minimizados, procurando-se, através de diversos estudos, congressos e iniciativas governamentais, difundir o uso desse material de forma racional e econômica.

Segundo MAGALHÃES (1), as características mais

expressivas dos edifícios altos com estruturas de aço são a extrema rapidez na construção, o máximo aproveitamento da área construída e uma razoável diminuição do peso total da construção, às quais poderíamos acrescentar a segurança dos meios de ligação, a elevada possibilidade de industrialização, a amplitude de aplicação quanto às mais diversas soluções estruturais e estéticas, a boa compatibilidade com outros materiais, a utilização mais racional de mão-de-obra, a possibilidade de um controle de qualidade mais eficiente e a correspondência entre previsão e consumo, entre outras. Entretanto, uma das maiores vantagens da utilização sistemática do aço na construção será, segundo as palavras do arquiteto SÉRGIO BERNARDES na introdução ao volume 1 da Coletânea do Uso do Aço na Construção (2), o seu "trabalho cultural fantástico, dando um caminho para cima ao operário na exigência de mão-de-obra qualificada e qualificando, em constante provocação, a mão-de-obra não qualificada, buscando criar uma política para melhoria de qualidade de vida na relação custo/benefício, onde o dinheiro super-qualificado se encontra com o material adequado à dinâmica das necessidades de criatividade e mudança".

Para responder à demanda de edifícios altos com estrutura de aço, diversos estudos foram e vêm sendo desenvolvidos de forma a entender o comportamento dos diversos sistemas de resistência às cargas laterais, de forma a buscar alternativas que melhorem o seu desempenho e ainda de forma a permitir, através de métodos práticos e expeditos, principalmente na fase de ante-projeto, verificar a eficiência do sistema estrutural escolhido. O objetivo deste trabalho é contribuir com esta linha de pesquisa, mais especificamente no que diz respeito à resistência dos sistemas estruturais às cargas laterais.

No Capítulo II são descritos os principais tipos de cargas atuantes em edifícios altos, com ênfase na ação do vento, buscando a caracterização de seus efeitos em termos de deslocamentos laterais, tanto do ponto de vista estrutural quanto do ponto de vista de conforto humano.

O Capítulo III apresenta, sucintamente, os

sistemas de contraventamento mais usualmente empregados para proporcionar rigidez lateral aos edifícios altos submetidos à ação dos carregamentos laterais, introduzindo o modelo simplificado para estudo dos quadros contraventados em "X", buscando melhorar o seu comportamento quanto ao deslocamento lateral de topo através da associação com os "OUTRIGGERS".

No Capítulo IV, a partir dos trabalhos desenvolvidos por TARANAH (3), McNABB e MUVDI (4), STAFFORD SMITH e NWAKA (5) e ainda por STAFFORD SMITH e SALIM (6), é estudada a ação de um "OUTRIGGER" de forma a calcular a sua posição ótima de colocação para produzir a máxima redução do deslocamento de topo do sistema de contraventamento, adotando uma distribuição linear equivalente ao carregamento lateral de vento obtido segundo as recomendações da norma NBR-6123 (7).

O estudo da ação de dois "OUTRIGGERS" é feito no Capítulo V que apresenta ainda a generalização dos sistemas de equações para vários destes dispositivos, enquanto o Capítulo VI apresenta um exemplo de aplicação de um "OUTRIGGER" a um sistema de contraventamento de um edifício com 20 pavimentos, bem como as conclusões deste trabalho.

Partindo das equações desenvolvidas neste trabalho, são apresentadas diversas tabelas no Apêndice I, as quais, a partir de parâmetros de rigidez dos "OUTRIGGERS" e dos sistemas de contraventamento, juntamente com um parâmetro relativo ao carregamento lateral atuante, permitem determinar os pontos de colocação que levam à máxima redução do deslocamento de topo, além de possibilitar o cálculo de sua influência em termos de redução do deslocamento de topo e do momento na base do sistema de contraventamento. Tais tabelas foram obtidas através do uso de um programa computacional, cuja listagem para o caso de dois "OUTRIGGERS" é apresentada no Apêndice II, e de uma sub-rotina IMSL (8).

CAPÍTULO II

DESLOCAMENTO LATERAL DE EDIFÍCIOS ALTOS

II.1 - CARGAS ATUANTES

Em edifícios altos, as cargas são normalmente originadas de forças geofísicas ou são produzidas pela ação humana. As primeiras subdividem-se em gravitacionais, meteorológicas e sísmicas, enquanto as forças produzidas pela ação humana são provenientes da ocupação do edifício pelos usuários; do impacto de veículos e elevadores, de vibrações produzidas por máquinas; ou mesmo pela movimentação de pessoas no interior do edifício.

Um outro tipo de carga, entretanto, pode ser introduzido nos edifícios durante a sua montagem ou durante a fabricação de seus elementos componentes, tais como tensões internas devidas a soldas em elementos estruturais metálicos, etc.

Devido à enorme versatilidade dos edifícios altos, é praticamente impossível definir, com precisão absoluta, as condições de cargas às quais a estrutura estará submetida, adotando-se valores recomendados pelas normas (7) e (9), obtidos através de experiências, da prática e de valores estatísticos.

A seguir são descritos os diferentes tipos de cargas atuantes em edifícios.

II.1.1 - CARGAS PERMANENTES

São consideradas como permanentes as cargas provenientes do peso próprio dos elementos da estrutura; do peso de todos os elementos da construção permanentemente suportados pela estrutura, tais como pisos, paredes fixas, coberturas, forros, escadas, revestimentos, acabamentos, etc.; dos pesos de instalações, acessórios e equipamentos permanentes, tais como tubulações de água, esgoto, águas

pluviais, gás, dutos e cabos elétricos; e ainda de quaisquer outras ações de caráter praticamente permanente ao longo da vida da estrutura (10)..

É evidente que a correta determinação do peso próprio dos elementos da estrutura depende das dimensões dos mesmos, as quais somente ficarão definitivamente estabelecidas após a conclusão do projeto estrutural do edifício. Assim, a etapa de pré-dimensionamento reveste-se de um caráter de extrema importância, sendo comum o estabelecimento de valores e expressões práticas que permitam um ponto de partida para a avaliação da carga permanente dos elementos estruturais.

Magalhães (1) propõe valores para o peso do vigaamento metálico, variando de 0,2 a 0,6 kN/m² de área de piso; para o peso do revestimento das vigas, variando de 0,1 a 0,3 kN/m² de área de piso; para o revestimento dos pilares, entre 0,06 a 0,2 kN/m³ do volume do edifício, e ainda propõe uma forma de cálculo do peso dos pilares, considerando um edifício com "n" pavimentos-tipo.

Sendo "p" a carga total, por metro quadrado de cada piso, e "A" a área total do piso, a carga total, por piso, é "A.p". Assim, no primeiro pavimento a carga é "n.A.p", no segundo é "(n - 1).A.p", e assim sucessivamente. Em cada pavimento, portanto, o somatório das áreas das seções transversais de todos os pilares será igual à carga total no pavimento, dividida por $\bar{\sigma}$, tensão admissível média à compressão do material. Se multiplicarmos esse somatório por "h", pé-direito médio dos pavimentos, e por " γ ", peso específico do material, obteremos o peso total dos pilares, por pavimento, enquanto o peso total de todos os pilares do edifício será obtido por

$$P = \gamma h \frac{nAp}{\bar{\sigma}} + \gamma h \frac{(n-1)Ap}{\bar{\sigma}} + \dots + \gamma h \frac{2Ap}{\bar{\sigma}} + \gamma h \frac{Ap}{\bar{\sigma}} \quad (11.1)$$

$$P = \frac{\gamma h A p}{\bar{\sigma}} \cdot [n + (n-1) + \dots + 2 + 1] \quad (11.2)$$

$$P = \frac{\gamma h A p}{\bar{\sigma}} \times \frac{n(n-1)}{2} \quad (11.3)$$

O peso dos pilares, por metro quadrado de área construída, é obtido dividindo-se P pela área total "A.n" do edifício.

$$p_c = \frac{P}{A \cdot n} = \frac{\gamma \cdot h \cdot p \cdot (n - 1)}{2\sigma} \quad (11.4)$$

É importante ressaltar, porém, que essas indicações, bem como quaisquer outras, fruto da experiência do projetista, não passam de estimativas iniciais, devendo o cálculo das cargas permanentes ser cuidadosamente avaliado, levando-se em conta as características de cada projeto.

II.1.2 - CARGAS VARIÁVEIS

Também chamadas de cargas acidentais, são resultantes do uso e ocupação do edifício, tais como sobrecargas distribuídas em pisos, devidas ao peso de pessoas, objetos e materiais estocados, cargas de equipamentos, elevadores, centrais de ar condicionado, equipamentos industriais, pontes rolantes, peso de paredes removíveis, sobrecargas em coberturas, etc., sendo ainda consideradas cargas variáveis os empuxos de terra, as pressões hidrostáticas, o vento, as devidas à variação de temperatura, aos recalques diferenciais de fundação e às deformações impostas.

As cargas devidas ao uso e ocupação do edifício são consideradas uniformemente distribuídas, prescrevendo-se valores mínimos, em função da finalidade da edificação, e pesos específicos aparentes dos materiais, no caso de depósitos (9).

No cálculo de pilares e de fundações de edifícios para escritórios, residências e casas comerciais não destinadas a depósitos, admite-se uma redução percentual das cargas variáveis em função do número de pisos que atuam sobre o elemento, podendo-se chegar, em alguns casos, a uma redução de até 60% (9).

II.1.3 - CARGAS DE MONTAGEM

Embora uma peça estrutural seja dimensionada para suportar as cargas permanentes e variáveis previstas para a edificação acabada, podem ocorrer situações em que atuem sobre essa peça cargas superiores às produzidas pela adequada combinação dos referidos tipos de carregamento, oriundas do processo de montagem adotado para a estrutura. Um exemplo típico desta situação é o caso de vigas mistas (concreto-aço), quando não há escoramento durante a montagem, devendo-se verificar se a parte metálica da viga é capaz de resistir a todos os esforços que surgem na fase de lançamento do concreto até a sua cura, ocasião em que seu comportamento passa a ser misto.

II.1.4 - CARGAS DEVIDAS À VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Ocorrendo deformações por variação de temperatura e se tais deformações sofrerem qualquer tipo de restrição, aparecerão tensões na estrutura que devem ser levadas em consideração no dimensionamento dos elementos estruturais. Alternativamente, a estrutura pode conter dispositivos, tais como juntas de dilatação, cuja finalidade é permitir a livre deformação dos elementos sujeitos à variação de temperatura.

No caso de estruturas metálicas, diversas situações podem provocar o aparecimento de tensões originadas da variação de temperatura, tais como: cobertura com valores mais elevados de temperatura que o interior; fachada da edificação com uma face exposta ao sol e outra à sombra; e colunas com uma face aparente, exposta ao sol e outra embutida no interior da edificação (2). A NB-14/68 (11), precursora da NBR-8800/86 (10), preconizava a consideração da variação de temperatura do aço, causada pela variação da temperatura da atmosfera, como sendo igual a $\pm 15^{\circ}\text{C}$ e $\pm 30^{\circ}\text{C}$, em torno da média, respectivamente em estruturas protegidas e não protegidas, considerando-se estas últimas como aquelas expostas diretamente aos raios solares.

Os efeitos da temperatura se fazem sentir principalmente sob a forma de flexão de colunas e de movimentos diferenciais entre colunas externas e internas, entre colunas aparentes com faces submetidas a diferentes graus de exposição à ação solar e entre coberturas e pavimentos.

Há ainda um outro aspecto a ser levado em consideração, relativamente à variação de temperatura, que diz respeito à variação dos valores de f_y (limite de escoamento), f_u (limite de resistência) e E (módulo de elasticidade) dos aços para temperaturas elevadas, tais como as geradas durante a ocorrência de incêndios, situação que se constitui em um caso crítico para estruturas de aço, exigindo a proteção de seus elementos. Verifica-se que os valores das propriedades citadas, obtidos a temperaturas mais elevadas que as temperaturas normais de interiores (em torno de 20°C), vão diminuindo à medida que a temperatura aumenta, exceto o valor do limite de resistência que, para alguns aços, é ligeiramente superior para temperaturas até 300°C . Assim, para temperaturas da ordem de 500°C , os limites de escoamento e de resistência caem para a metade do valor correspondente à temperatura de 20°C , ocorrendo, praticamente, a perda total da resistência para temperaturas da ordem de 900°C . Quanto ao módulo de elasticidade, seu valor para a temperatura de 500°C equivale a apenas 60% daquele verificado à temperatura ambiente.

II.2 - AÇÃO DO VENTO EM EDIFÍCIOS ALTOS

Construções de pequena altura e as de alvenaria ou concreto armado, dentro de certos limites, são pouco sensíveis à ação do vento: no primeiro caso devido à pequena elevação sobre o solo, e no segundo devido ao grande peso próprio. Com a necessidade de verticalização das construções urbanas, adotando-se estruturas mais leves, com grandes vãos, e a utilização de materiais de acabamento mais leves, o vento passou a ter uma grande influência na análise estrutural das edificações, podendo ocorrer casos em que a restrição ao deslocamento lateral seja mais

importante ao dimensionamento que as cargas de utilização propriamente ditas.

A ação do vento em uma construção é dinâmica e influenciada por fatores como o relevo e a rugosidade do terreno; as construções adjacentes; a forma da edificação; a sua esbeltez e as aberturas existentes, podendo ser considerada como uma ação estática para edifícios cuja altura não ultrapassa cinco vezes a menor dimensão horizontal (estrutural), nem seja superior a 50 metros (10).

Os deslocamentos horizontais em edifícios de grande altura devem ser analisados considerando-se a máxima velocidade dos ventos que podem ocorrer na região, adotando-se valores fornecidos pelas normas, correspondentes a períodos de recorrência em geral iguais a 50 anos. Isso equivale a uma probabilidade $p = 1/50 = 0,02$ de que a velocidade máxima, fornecida pela norma, seja superada uma vez em qualquer ano. A norma brasileira, relativa à ação de vento em edificações (7), fornece valores da velocidade básica do vento (V_0), como sendo a velocidade média de uma rajada com 3 segundos de duração, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 metros acima do nível do terreno, em campo aberto e plano. Com esse valor pode-se calcular a velocidade característica de vento, através da expressão

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3, \quad (11.5)$$

onde os fatores S_1 , S_2 e S_3 são tabelados em função, respectivamente, da topografia do terreno; da rugosidade do mesmo, das dimensões da edificação e de sua altura sobre o terreno; e de conceitos probabilísticos.

A velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica q , através da relação

$$q = 0,613 V_k^2 \quad (V_k \text{ em m/s e } q \text{ em N/m}^2). \quad (11.6)$$

A Figura 11.1 (2) exemplifica a variação do vento em função da altura e da rugosidade, considerando-se uma velocidade máxima de 160 km/hora.

Como o fator S_2 é tabelado, entre outros fatores, em função da altura de edificação acima do terreno (3, 5, 10, 15, 20m, ..., etc.), a distribuição da pressão do vento, ao longo da altura do edifício, assume valores crescentes por faixas de altura, aproximando-se, razoavelmente, da distribuição real, conforme mostrado na Figura 11.2, onde os valores de q foram obtidos tomando-se $S_1 = S_3 = 1,0$ e considerando-se edificações classe C (maior dimensão vertical superior a 50 metros).

II.3 - DESLOCAMENTO LATERAL SOB AÇÃO DO VENTO

Conforme será visto no Capítulo III, o deslocamento lateral de edifícios altos, sob a ação de cargas horizontais, depende do sistema de contraventamento adotado, podendo trazer problemas à estabilidade da estrutura, aos materiais de acabamento, aos equipamentos e, ainda, causar desconforto aos usuários. Assim, além das exigências estruturais e de adequada utilização dos equipamentos existentes em um edifício, também deve ser levado em conta o aspecto do conforto humano. CHANG (12) recomenda uma atenção especial ao período de recorrência a ser utilizado na obtenção da velocidade básica do vento, propondo o estudo da eventual necessidade, em função da destinação do edifício, de serem adotados períodos de 10 ou mesmo de 2 anos.

É difícil estabelecer-se critérios relativamente ao conforto humano, uma vez que as reações às vibrações variam não somente de pessoa para pessoa, mas também em função da posição onde se acha o indivíduo dentro da edificação (12). Além disso, o instrumento humano envolvido na percepção do movimento não é bem conhecido, sabendo-se apenas que ele é controlado pelo mecanismo interno do ouvido e que, aparentemente, a sensação de movimento é transmitida ao sistema nervoso central através dos músculos do corpo (13). O desconforto humano causado pelo movimento lateral dos edifícios pode ser oriundo da percepção do deslocamento relativamente a algum ponto de referência ou, na falta deste, pela aceleração do movimento da edificação,

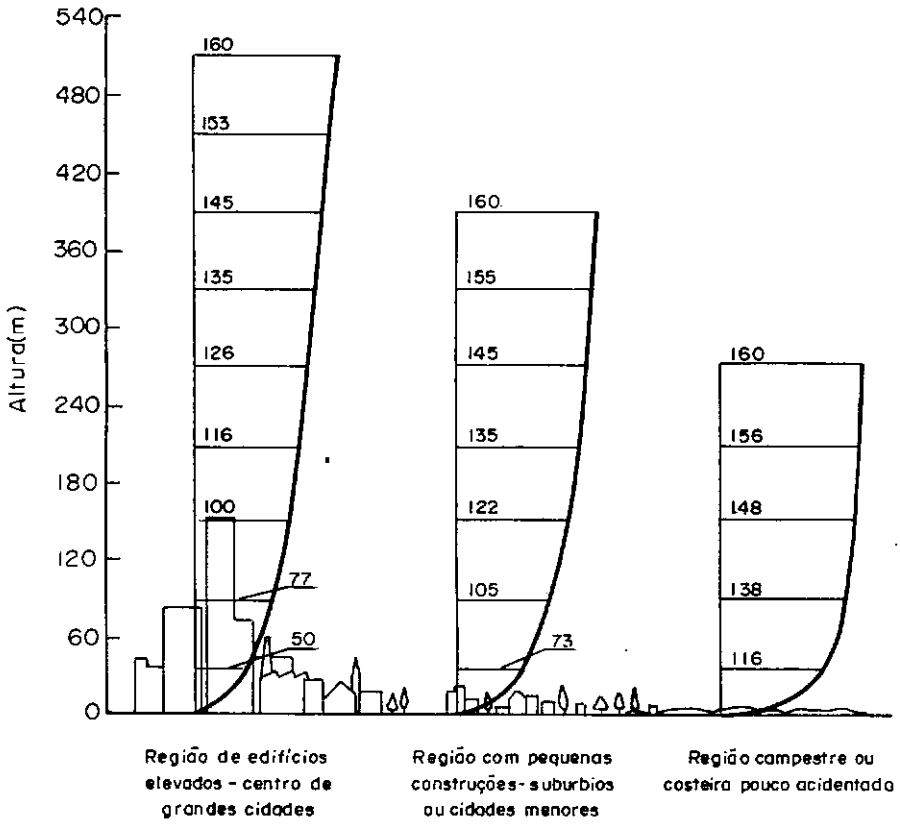


Figura II.1 - Velocidade do Vento (km/h)

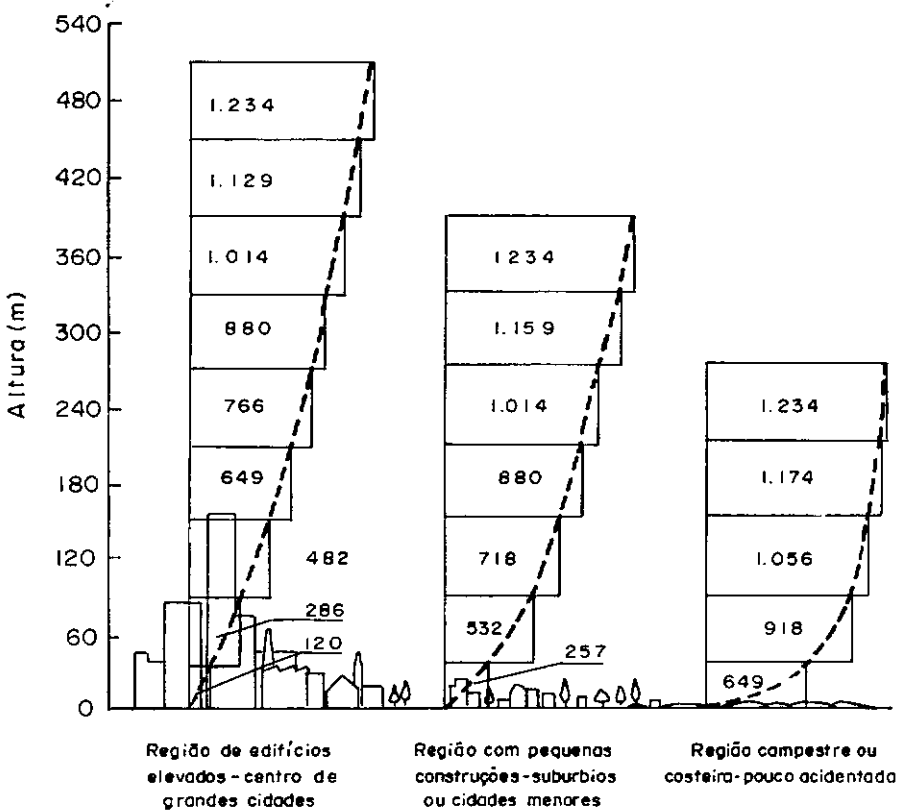


Figura II.2 - Pressão de Obstrução do Vento (N/m²)

o que já foi comprovado em inúmeros testes. Entretanto, mesmo que a aceleração seja muito pequena, a velocidade de mudança da aceleração, na literatura de língua inglesa comumente designada por "jerk", pode igualmente produzir a sensação de mal estar nas pessoas. Assim, a componente a ser considerada no deslocamento lateral, para efeito de conforto humano, é a correspondente à vibração, causada pelo efeito de rajada do vento. Em outras palavras, um projeto de edifício alto que leve em conta critérios de conforto humano deve ser verificado através de uma análise dinâmica dos efeitos do vento.

Nos Estados Unidos, por extrapolação dos resultados de diversos testes dinâmicos, chegou-se a cinco faixas de aceleração, em relação à aceleração da gravidade (g), para estabelecer parâmetros de avaliação do conforto humano, conforme a Tabela 11.1 (12).

Aceleração (% de g)	Reação Humana
< 0,5	Não perceptível
entre 0,5 e 1,5	Perceptível
entre 1,5 e 5	Incômodo
entre 5,0 e 15	Muito incômodo
> 15	Intolerável

Tabela 11.1 - Critérios de conforto humano

Embora não haja, no Brasil, prescrições tão detalhadas quanto ao conforto humano, a referência (7) considera que a amplitude máxima da aceleração não deve exceder a $0,1 \text{ m/s}^2$, devendo a verificação do conforto humano ser efetuada para velocidades do vento com maior probabilidade de ocorrência que a velocidade utilizada no projeto estrutural, considerando-se admissível que a amplitude máxima de aceleração seja excedida, em média, uma vez a cada 10 anos. Por outro lado, de acordo com a referência (10), o deslocamento horizontal de um edifício, relativamente à sua base e devido à ação do vento, é restringido a $1/400$ da sua altura, recomendando-se, ainda, não ultrapassar o limite de $1/500$ do pé-direito do

pavimento para o deslocamento relativo entre dois pisos consecutivos, devido à força horizontal total no pavimento entre os pisos considerados. Recomendações de providências a serem tomadas, nos casos em que o movimento causado pelo vento é significativo, conforme constatação durante o projeto, são também dadas na referência (10), dizendo respeito a esclarecimento aos usuários acerca da segurança da edificação; à minimização de ruídos; à minimização da torção causada pelo vento, e à possibilidade de introdução de mecanismos de amortecimento para reduzir as vibrações.

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE CONTRAVENTAMENTO

III.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenvolvimento do projeto de um edifício alto, por sua complexidade, requer um completo entendimento entre cliente, arquiteto, engenheiro estrutural e construtor. Assim, a partir daquilo que o cliente deseja, o edifício deve ser concebido como um sistema único. Particularmente no caso da construção metálica, por seu alto grau de industrialização, os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações devem ser desenvolvidos de forma integrada, destacando-se, quanto aos dois primeiros, a necessidade da correta compreensão das características do material. Em outras palavras, a opção pelo material aço deve preceder à concepção dos projetos arquitetônico e estrutural, uma vez que suas características e propriedades vão neles influir de forma decisiva.

Por outro lado, um aspecto de importância fundamental no projeto global de qualquer edificação é relativo à viabilidade econômica. No caso de um edifício em aço, sabe-se que a principal parcela do custo recai sobre a quantidade de aço consumida em sua execução, a qual está intimamente ligada à eficiência do sistema estrutural adotado. Considerando que a quantidade de aço consumida por unidade de área (C_T) é composta por duas parcelas, uma proveniente do consumo necessário para resistir às cargas de origem gravitacional (C_V) e outra proveniente do consumo necessário para resistir às cargas horizontais (C_H), MARGARIDO (14) propõe as expressões III.1, III.2 e III.3, obtidas através de dados

$$C_T = C_V + C_H \quad (III.1)$$

$$C_V = 0,2 \cdot H + 33 \quad (III.2)$$

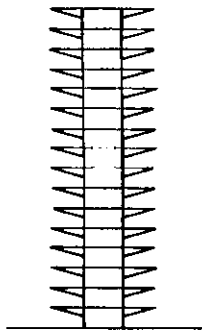
$$C_H = 2,9 \times 10^{-3} \cdot H^2 - 0,16 \cdot H + 47 \quad (III.3)$$

extraídos de edifícios executados, nas quais deve-se utilizar C_H , C_V e C_T em kgf/m^2 e H em metros. Verifica-se, portanto, que quanto maior a altura do edifício, mais acentuado é o crescimento da quantidade de aço necessária para resistir às cargas laterais, tornando-se imperativa a busca de sistemas de contraventamento mais adequados, de forma a minimizar o referido aumento no consumo de aço. Paralelamente, o sistema de contraventamento deverá ainda mostrar-se adequado à resistência da edificação, ao conforto humano e ao perfeito funcionamento dos equipamentos e dos elementos de revestimento.

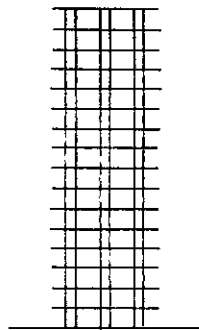
III.2 - PRINCIPAIS SISTEMAS ESTRUTURAIS

A estrutura metálica de um edifício alto é composta, basicamente, de pilares, vigas principais, vigas secundárias de sustentação das lajes e dos sistemas de contraventamento. Esse conjunto, denominado sistema estrutural do edifício, deve ser cuidadosamente escolhido, levando-se em conta a seção em planta, a altura, os vãos livres, o pé-direito, os carregamentos, a topografia e o sistema de transporte vertical, entre outros fatores. Assim, os mais diversos sistemas e as mais variadas combinações de sistemas estruturais podem ser utilizadas, buscando-se o atendimento a cada caso específico.

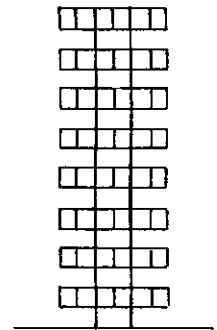
As figuras III.1 e III.2 (2) mostram, esquematicamente, os principais sistemas estruturais, dos quais os mais utilizados são os quadros rígidos, dispostos segundo uma ou duas direções, os sistemas com núcleo ou pilares-parede e os sistemas tubulares. Cada um desses sistemas é mais recomendado até um certo número de pavimentos, conforme indicado na figura III.3 (15). Entretanto, essas limitações não devem ser consideradas como uma norma rígida, uma vez que foram estabelecidas com base na eficiência estrutural em termos da relação entre o peso total da estrutura e a área construída. Como exemplo, o "EMPIRE STATE BUILDING" (New York, 1930), com 102 pavimentos, é caracterizado por um sistema composto por quadro rígido e pilar-parede, embora



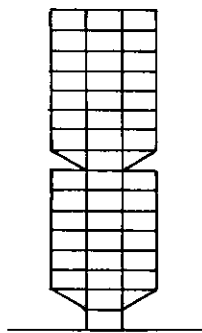
a) Vigas em balanço



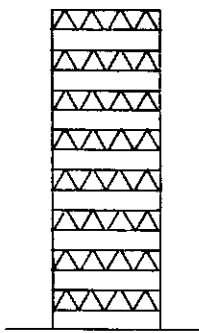
b) Laje e colunas metálicas



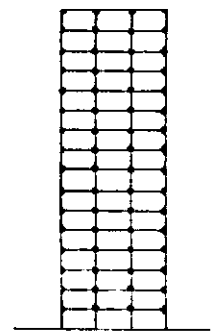
c) Pavimentos em balanço



d) Colunas externas apoiadas em consolos

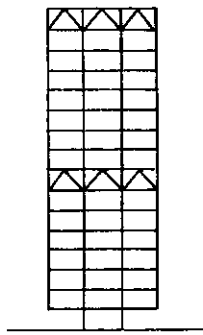


e) Treliças inter-pavimentos

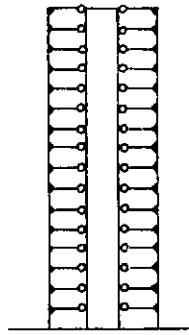


f) Quadro rígido

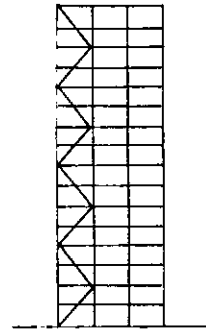
Figura III.1 – Tipos de sistemas estruturais



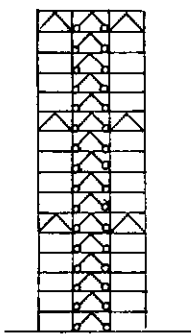
a) Pisos suspensos



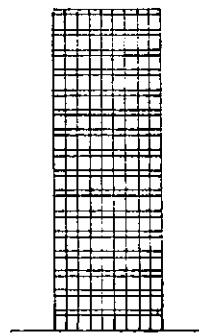
b) Quadro com núcleo central



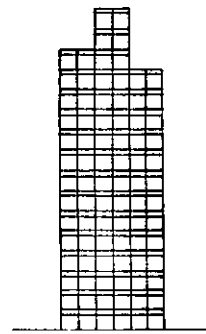
c) Quadro contraventado



d) Outriggers



e) Tubular



f) Celulas tubulares

Figura III.2 — Tipos de sistemas estruturais

esse sistema seja recomendado para edifícios com até 40 pavimentos.

Um outro ponto importante quanto aos sistemas estruturais, refere-se à sua capacidade de resistir aos esforços laterais, capacidade essa que depende do sistema de contraventamento adotado.

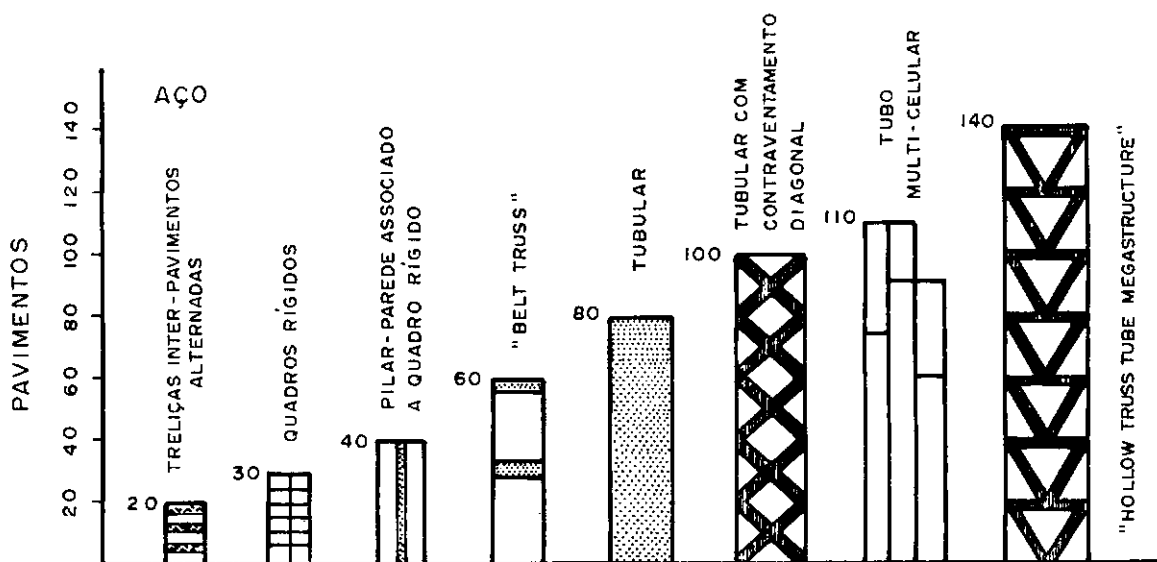


Figura III.3 - Tipos de sistemas estruturais recomendados em função do número de pavimentos

III.3 - TIPOS USUAIS DE CONTRAVENTAMENTO

O enrijecimento nos planos verticais dos edifícios altos é, do ponto de vista da segurança, primordial para a estabilidade, preponderando sua importância sobre o dimensionamento das peças isoladas. Esse enrijecimento pode ser conseguido, entre outras formas, através de quadros rígidos ou contraventados, através de núcleos ou paredes de cisalhamento (pilares-parede), ou através de sistemas tubulares. Diversos estudos foram realizados objetivando conhecer o comportamento desses sistemas de contraventamento, entre os

quais as contribuições de MELO NETO (16) e FONSECA (17).

Nos itens seguintes, será feita uma descrição bastante sucinta, limitada aos sistemas em quadros e em pilares-parede que são os de maior interesse no âmbito deste trabalho.

III.3.1 - QUADROS RÍGIDOS

É bastante comum conceber-se o sistema estrutural de um edifício em quadros com nós rígidos, nos quais as ligações das vigas principais com as colunas são engastadas (figura III.4), dispostos segundo as direções longitudinal e transversal da edificação, ou em apenas uma delas. Os nós das ligações entre vigas e colunas devem transmitir os esforços normais e de cisalhamento, os momentos flettores e, eventualmente, os momentos de torção, sendo essas ligações consideradas rígidas se forem capazes de suportar o momento último das vigas, o esforço cortante correspondente e,

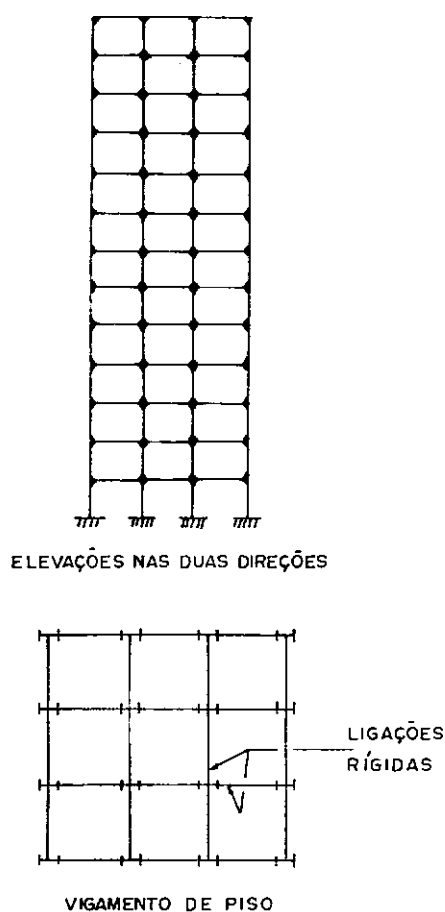


Figura III.4 – Contraventamento em quadro com nós rígidos em duas direções

ainda, se o ângulo inicial entre a viga e o pilar permanecer inalterado até que o momento último seja atingido.

Caso o edifício disponha de quadros rígidos em apenas uma das direções, a estabilidade na outra deverá ser garantida através de outros sistemas de contraventamento, sendo comum a consideração das lajes em concreto funcionarem como diafragmas rígidos para essa finalidade.

Quanto ao custo de fabricação e montagem, os quadros com nós rígidos não são muito vantajosos, exigindo ainda maiores seções transversais para os pilares, uma vez que ficam submetidos à flexão. Entretanto, para edifícios com até cerca de 30 pavimentos, o seu emprego pode ser econômico (17), embora seja recomendável a sua utilização apenas em edifícios mais baixos, com no máximo 10 pavimentos.

III.3.2 - QUADROS CONTRAVENTADOS

Estes sistemas, também chamados de contraventamento em treliça, podem constituir-se na solução mais adequada para edifícios de até 40 pavimentos, desde que não haja conflito com a disposição dos espaços internos. Os painéis contraventados são geralmente dispostos em torno das caixas de escadas e elevadores, sendo que em edifícios de média e pequena altura, adotando-se o funcionamento das lajes como diafragmas rígidos, não há necessidade de enrijecimento para todos os quadros, podendo-se inclusive tirar partido dos contraventamentos como elementos arquitetônicos, empregando-os apenas nas fachadas do edifício.

A partir de 40 pavimentos o uso de quadros contraventados obriga a um maior consumo de material nos contraventamentos, com sensível influência no custo da obra. Isto acontece quando a esbelteza (relação altura/largura do quadro contraventado) é elevada, ocasionando um enrijecimento insatisfatório para a estrutura. Para contornar este problema pode-se utilizar as diagonais do contraventamento em treliça em um quadro

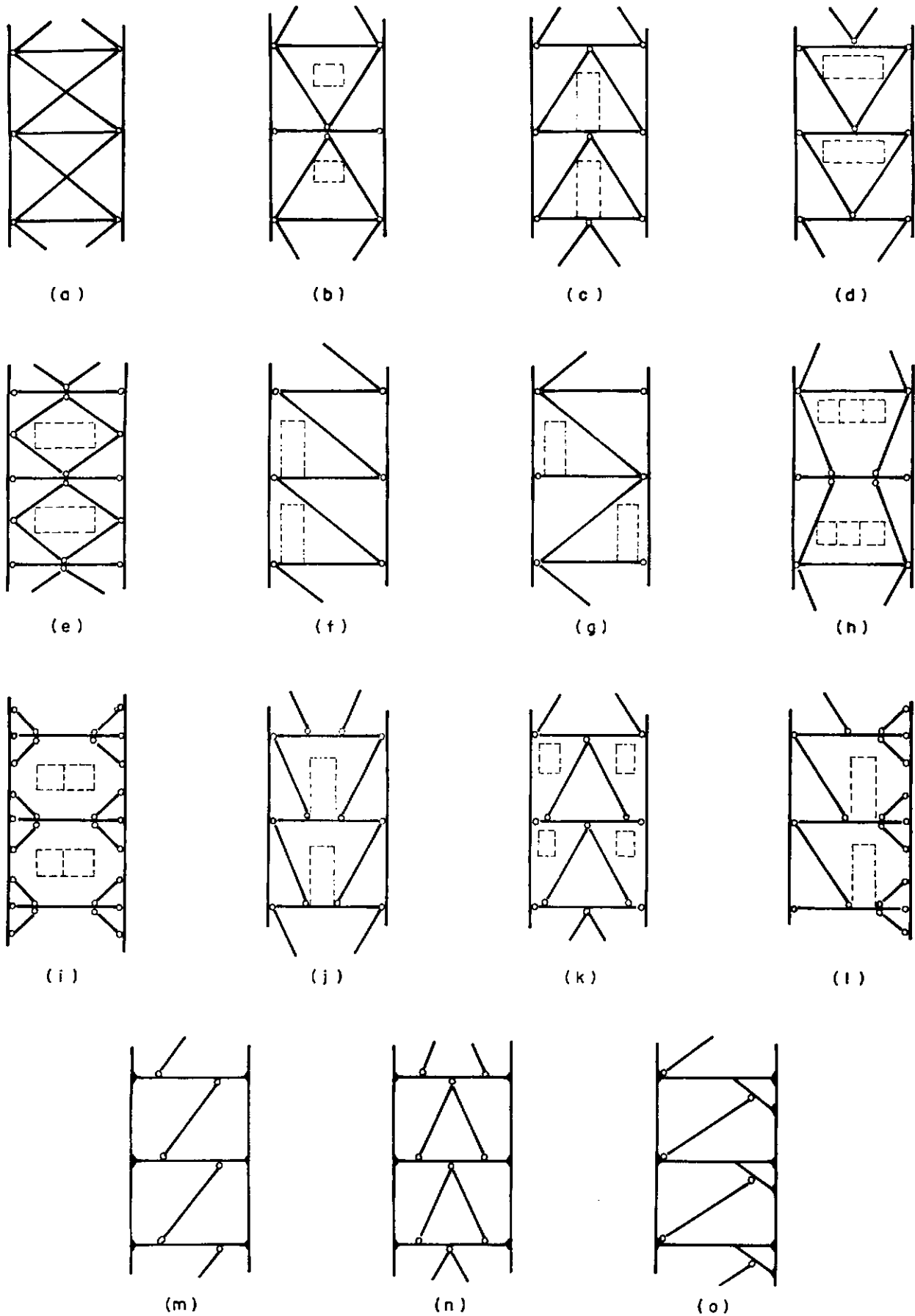


Figura III.5 — TIPOS DE QUADROS CONTRAVENTADOS .

rígido, recaindo-se porém na desvantagem de maior custo de fabricação e montagem.

A figura III.5 (16) mostra os tipos de quadros contraventados mais utilizados em edifícios altos, sendo a escolha do mais adequado influenciada por fatores tais como a altura da edificação, as imposições arquitetônicas, a intensidade das cargas laterais, entre outros.

III.3.3 - NÚCLEO OU PILARES-PAREDE

O conceito de núcleos de serviços (elevadores e escadas) resistentes às cargas laterais em edifícios altos tem sido bastante utilizado nos últimos anos, principalmente para edifícios na faixa de 20 a 40 pavimentos. Os elementos que se interligam formando tais núcleos são os chamados pilares-parede, que podem ser constituídos de "treliças" verticais em aço (quadros rígidos ou contraventados), de paredes de concreto ou de paredes de aço com espessura variando de 10 a 32 milímetros.

Normalmente considera-se que o núcleo seja capaz de absorver toda a carga lateral, ficando os demais componentes da estrutura submetidos apenas às cargas verticais. Assim sendo, a estrutura do núcleo tem comportamento semelhante ao de uma viga em balanço, recebendo a ação das cargas laterais através das lajes (diafragmas horizontais rígidos). Caso a resultante da ação do vento não passe pelo centro de cisalhamento do núcleo, aparecem solicitações de torção, conforme indicado na figura III.6.

No caso de pilares-parede isolados (não ligados de forma a constituir um núcleo), as forças que agem em cada nível da estrutura devem ser distribuídas entre os diversos elementos do sistema estrutural. Com a finalidade de determinar essa distribuição, foram propostos dois métodos, discutidos por SORIANO (18) e desenvolvidos por MELO NETO (16), de caráter aproximado mas com resultados bastante satisfatórios. O primeiro método baseia-se na compatibilização de deslocamentos horizontais, isoladamente

em cada piso, enquanto no segundo essa compatibilização é

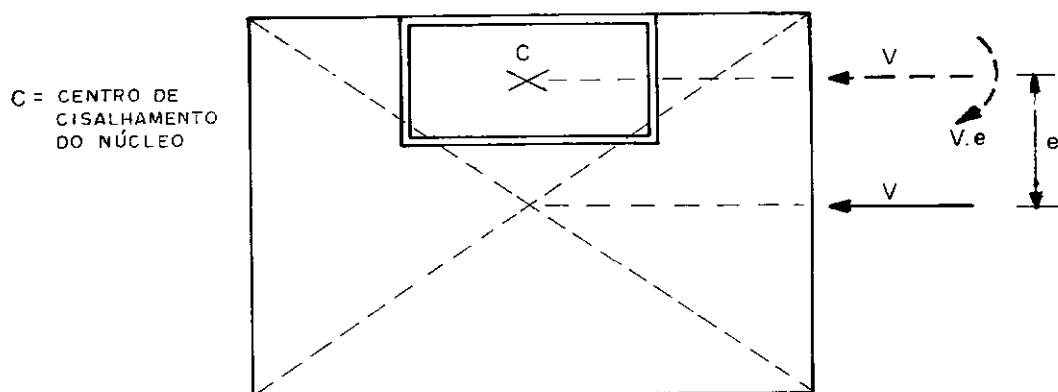


Figura III.6 - Torção em núcleos não centrados

feita em um único piso, preferencialmente o do topo do edifício, submetendo-se a estrutura a todo o carregamento lateral.

III.4 - COMPORTAMENTO SOB AÇÃO DE CARGAS LATERAIS

Nos quadros com nós rígidos e nos contraventamentos em treliça a deflexão provocada por cargas laterais deve-se à superposição de dois modos de deformação, ditos flexionante e cortante. No primeiro tipo os sistemas de contraventamento comportam-se como vigas em balanço, ocorrendo alongamento das colunas a barlavento e encurtamento das situadas a sotavento. Já no modo cortante, os quadros rígidos respondem à ação do carregamento lateral através da flexão de vigas e colunas (figura III.7), enquanto nos contraventamentos em treliça ocorre encurtamento e alongamento das diagonais, conforme indicado na figura III.8. A contribuição de cada um dos modos de deformação é distinta nos sistemas aqui abordados. Nos quadros com nós rígidos o modo flexionante é responsável por, aproximadamente, 20% da deflexão lateral da estrutura, cabendo ao modo cortante responder pela

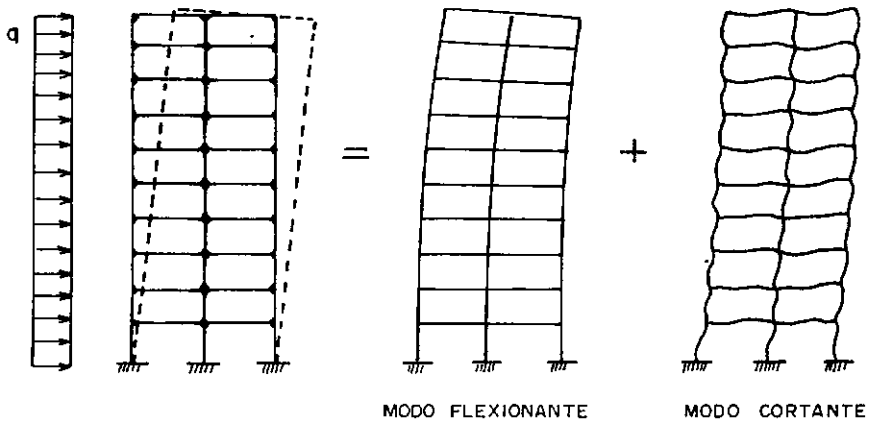


Figura III. 7 - Modos de deformação de um quadro com nós rígidos sob carregamento lateral

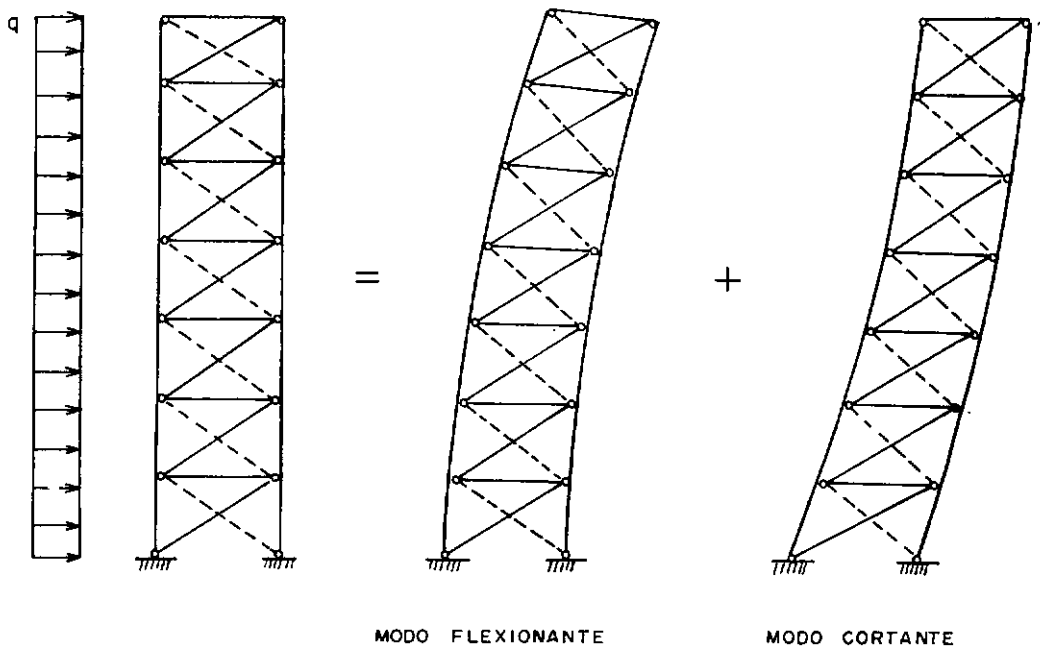


Figura III. 8 - Modos de deformação de um quadro com contraventamento em "X" sob carregamento lateral

parcela restante, sendo 65% devido à flexão das vigas e 15% devido à flexão da colunas (15). Para o contraventamento em treliça a maior contribuição é devida ao modo flexionante, o que também ocorre com os pilares-parede. Em função disso, a flexibilidade, definida como sendo o deslocamento lateral produzido por uma carga horizontal unitária, é maior nos quadros rígidos, aumentando à proporção em que cresce a altura do edifício, o que torna mais relevantes os efeitos de 2ª ordem.

Para efeito de ilustração do exposto, a tabela III.1 mostra os valores dos deslocamentos horizontais, produzidos em quadros rígidos e em quadros contraventados em "X", por uma carga horizontal de topo de 10 kN, observando-se que os quadros foram dimensionados de forma a apresentarem idêntico consumo de aço.

Número de Pavimentos	Deslocamentos Horizontais	
	Quadro Rígido	Quadro Contraventado
10	0,00597	0,00177
15	0,01029	0,00332
20	0,01648	0,00734
25	0,02517	0,01385
30	0,03696	0,02347
35	0,05252	0,03684
40	0,07243	0,05334

Tabela III.1 - Deslocamentos horizontais de topo (metros)

III.5 - REDUÇÃO DO DESLOCAMENTO LATERAL DE TOPO

Em função das limitações normativas para o deslocamento lateral de topo e face às características dos sistemas de contraventamento descritos, sua aplicação fica restringida em termos de número de pavimentos do edifício, conforme indicado na figura III.3. Para melhorar a eficiência desses sistemas, possibilitando o seu emprego em edifícios de maior altura, alguns estudos têm sido

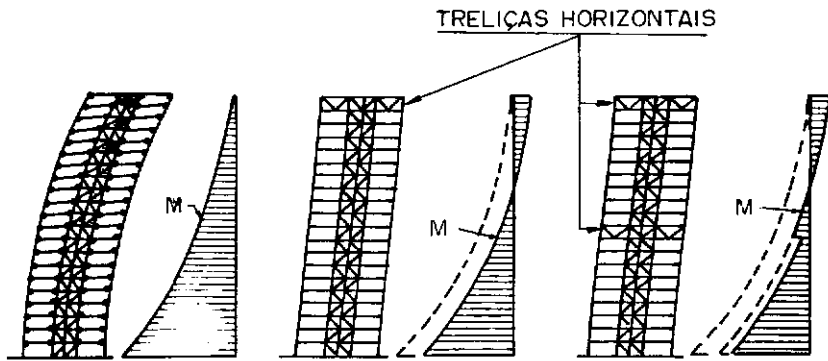


Figura III.9- Ação de "Outrigger" em estrutura com contraventamento em "X"

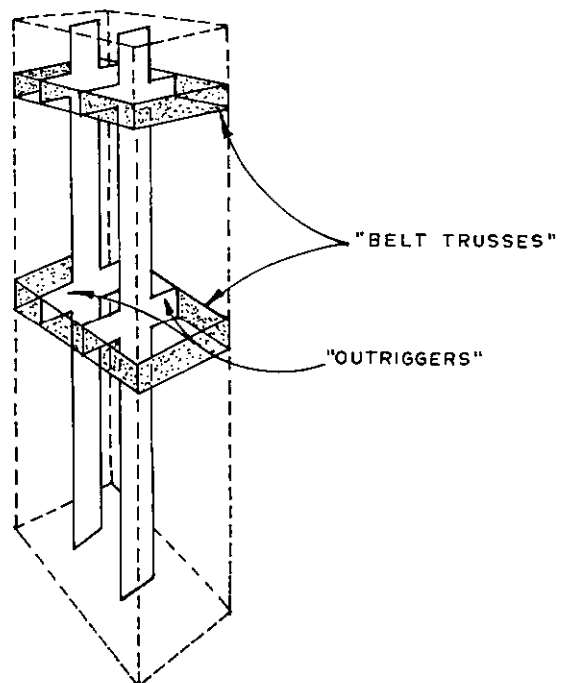
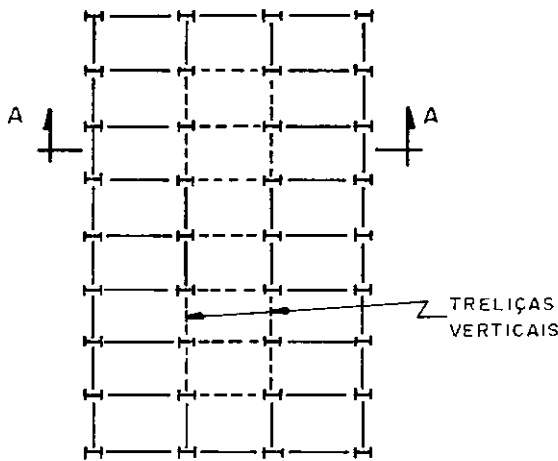


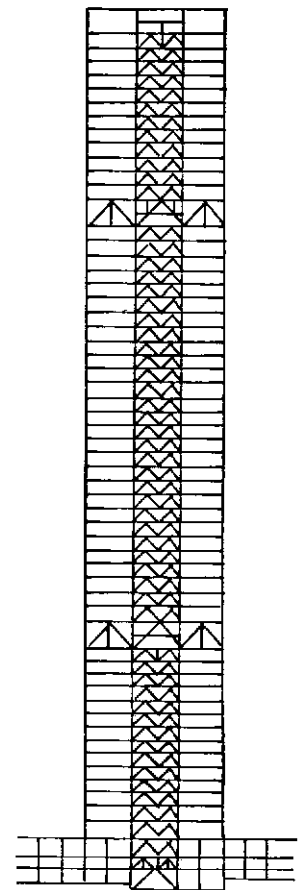
Figura III.10- Edifício alto com "Outriggers" e "Belt trusses"

efetuados na busca de novas alternativas para a solução do problema. Uma dessas alternativas, cujo estudo é o objeto deste trabalho, é a utilização de uma ou várias treliças horizontais, chamadas "OUTRIGGERS", rigidamente ligadas ao sistema de contraventamento, posicionado no núcleo do edifício, cuja função é transmitir às colunas externas da edificação, através de rótulas, parte da "responsabilidade" de resistir às cargas laterais.

A figura III.9 (17) mostra a ação de um "OUTRIGGER" em uma estrutura com contraventamento em "X", onde se observa que, quando o contraventamento vertical tende a fletir sob a ação do carregamento lateral o "OUTRIGGER" resiste, transmitindo esforços axiais às



(a) ESTRUTURA PARA O PISO TÍPICO



(b) SEÇÃO A - A

Figura III.11 – Sistema de contraventamento do edifício "Dominion Center"

colunas exteriores (tração a barlavento e compressão a sotavento). Introduce, portanto, uma redução no momento fletor que solicita o contraventamento, o que também acarreta em economia nas fundações.

Ao introduzir esforços axiais nas colunas externas, o "OUTRIGGER" pode provocar, entretanto, a necessidade de um grande aumento das seções transversais das colunas a sotavento, anteriormente submetidas apenas às cargas de origem gravitacional. Esse esforço adicional pode ser distribuído às demais colunas situadas na fachada em que se encontra aquela ligada ao "OUTRIGGER", utilizando-se de um sistema composto por treliças horizontais, situadas nas fachadas e ao mesmo nível do "OUTRIGGER". Este sistema de cintamento é chamado de "BELT-TRUSS" e está esquematizado na figura III.10 (3). Alguns edifícios têm sido construídos utilizando "OUTRIGGERS", destacando-se o "DOMINION CENTER", localizado em Toronto (Canadá), cuja estrutura está esquematicamente representada, em planta e em corte transversal na figura III.11; o "FIRST WISCONSIN CENTER", construído em 1973 em Milwaukee (Estados Unidos), com 42 pavimentos e o "IDS BUILDING CENTER", construído em 1971 em Minneapolis (Estados Unidos), com 57 pavimentos.

III.6 - MODELO SIMPLIFICADO PARA ESTUDO DA AÇÃO DE UM "OUTRIGGER"

Devido à pequena parcela de contribuição do modo cortante na deflexão lateral de um sistema de contraventamento em treliça sob a ação de cargas laterais, pode-se considerar que o comportamento deste sistema é análogo ao de uma viga em balanço, de inércia equivalente à do contraventamento vertical (figura III.12). Com esta idealização o "OUTRIGGER", funcionando como uma alavanca engastada na viga em balanço (por uma licença de linguagem, de agora em diante designada por núcleo), tem seu engaste obrigado a acompanhar a rotação da seção do núcleo, promovendo o aparecimento de esforços axiais nas colunas exteriores. Por sua vez esses esforços introduzem impedimento à livre rotação do núcleo na seção onde se

engasta o "OUTRIGGER", reduzindo os deslocamentos horizontais (figura III.13).

No próximo capítulo serão estabelecidas as equações que permitem a determinação da "posição ótima" de colocação do "OUTRIGGER", de forma a produzir a máxima redução do deslocamento de topo da estrutura, bem como seus efeitos em termos de distribuição de momentos fletores no núcleo e de introdução de cargas axiais nas colunas situadas nas fachadas da edificação.

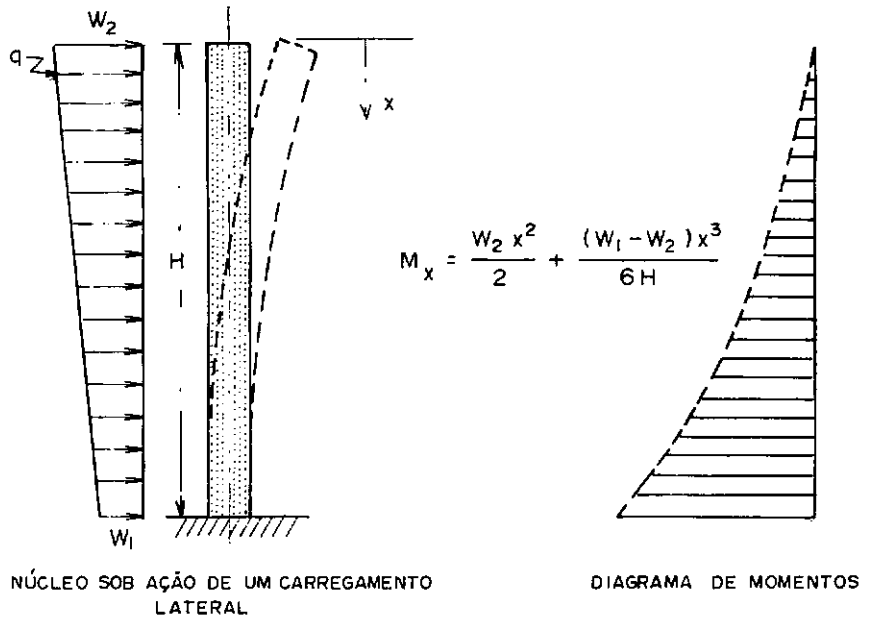


Figura III.12 – Comportamento de uma viga em balanço sob carregamento lateral

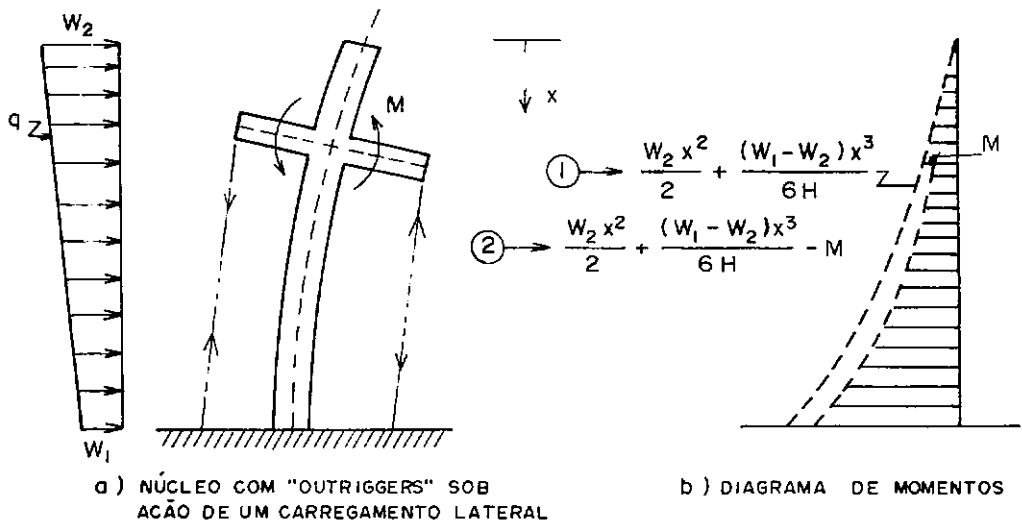


Figura III.13 – Modelo estrutural com um "OUTRIGGER"

CAPÍTULO IV

AÇÃO DE UM "OUTRIGGER"

IV.1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversos trabalhos têm sido publicados a respeito da utilização de "OUTRIGGERS" em sistemas de contraventamento. TARANATH (3) mostrou que, para um edifício sujeito a um carregamento lateral uniforme, com seções transversais constantes ao longo da altura, um "OUTRIGGER" deveria ser colocado a 0,455 da altura da edificação, a partir do topo, para que fosse conseguida a máxima redução do deslocamento horizontal.

McNABB e MUVDI (4), analisando o resultado de TARANATH, mostraram que a posição ótima de colocação de dois "OUTRIGGERS" seria de 0,312 e 0,685 da altura total, a partir do topo, o que resulta em uma relação igual a 0,455 entre as distâncias de colocação dos "OUTRIGGERS".

STAFFORD SMITH e NWAKA (5) generalizaram os estudos anteriores para vários "OUTRIGGERS", mostrando que se eles são colocados em intervalos equidistantes de altura, não se localizando nenhum no topo da estrutura, obtém-se uma aproximação da melhor localização para a máxima redução do deslocamento lateral de topo, demonstrando ainda que quatro "OUTRIGGERS" constituem o máximo justificável para controlar o deslocamento lateral, uma vez que, mantendo-se constantes as demais propriedades do sistema estrutural da edificação, cada "OUTRIGGER" adicional introduz um efeito menor.

Todos os trabalhos citados, entretanto, além de considerarem um carregamento lateral uniformemente distribuído ao longo da altura da edificação, partem da hipótese de que os "OUTRIGGERS" têm rigidez infinita à flexão. Esta última premissa foi abandonada no trabalho de STAFFORD SMITH e SALIM (6), onde foram deduzidas as equações que fornecem as posições ótimas dos "OUTRIGGERS", os deslocamentos laterais finais e a redução dos momentos

que solicitam o núcleo, demonstrando a influência da flexibilidade dos "OUTRIGGERS" nos momentos introduzidos no núcleo e, conseqüentemente, na redução dos deslocamentos laterais.

IV.2 - NOVA FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Neste trabalho mostramos, em comparação com os resultados apresentados nas publicações citadas anteriormente, que um carregamento lateral variável ao longo da altura influencia a posição ótima de colocação dos "OUTRIGGERS", bem como a redução do deslocamento de topo e do momento fletor que solicita a base do núcleo. Considerou-se ainda, neste trabalho, a influência da flexibilidade dos "OUTRIGGERS".

IV.2.1 - HIPÓTESES BÁSICAS

O trabalho citado na referência (6) foi desenvolvido a partir das seguintes hipóteses básicas:

- a) a estrutura tem comportamento elástico linear;
- b) a ligação dos "OUTRIGGERS" com as colunas exteriores é tal que somente esforços axiais são nelas introduzidos;
- c) a ligação dos "OUTRIGGERS" com o núcleo é rígida, sendo este último considerado engastado na base;
- d) a rigidez axial das colunas perimetrais e o momento de inércia do núcleo são constantes ao longo da altura da edificação;
- e) o carregamento lateral é uniformemente distribuído ao longo da altura.

Na presente formulação, abandonaremos a última hipótese acima, considerando uma distribuição linear para o carregamento lateral, adotando uma distribuição equivalente à determinada através das prescrições da referência (7), conforme se verá nos exemplos que serão abordados no capítulo VI. Em outras palavras, determinada a distribuição da pressão de obstrução do vento, constante em cada faixa

de altura, são calculados os valores W_1 e W_2 de forma tal que a resultante da distribuição linear seja igual à da distribuição fornecida pela referência citada e tenha seu ponto de aplicação localizado à mesma altura em relação ao nível do terreno, conforme mostrado na figura IV.1 .

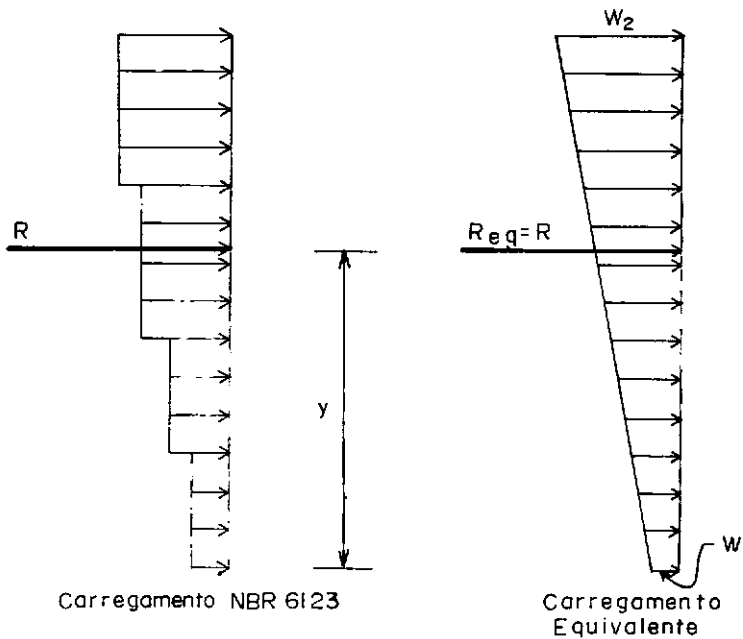


Figura IV.1 – Carregamento lateral com distribuição linear, equivalente ao carregamento de vento obtido pela NBR 6123

IV.2.2 - LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DO "OUTRIGGER"

A rotação do núcleo no ponto $x = \bar{x}$ onde o "OUTRIGGER" está engastado (figura IV.2) é dada por

$$\theta = \frac{1}{E I} \int_{\bar{x}}^H \left[\frac{W_2 x^2}{2} + \frac{(W_1 - W_2) x^3}{6H} - M \right] dx \quad (IV.1)$$

Com a finalidade de estabelecer compatibilidade com a rotação do núcleo, vamos calcular a rotação do no ponto onde ele se engasta no núcleo, rotação esta que é composta por duas parcelas correspondentes à deformação

axial diferencial das colunas perimetrais e à flexão do

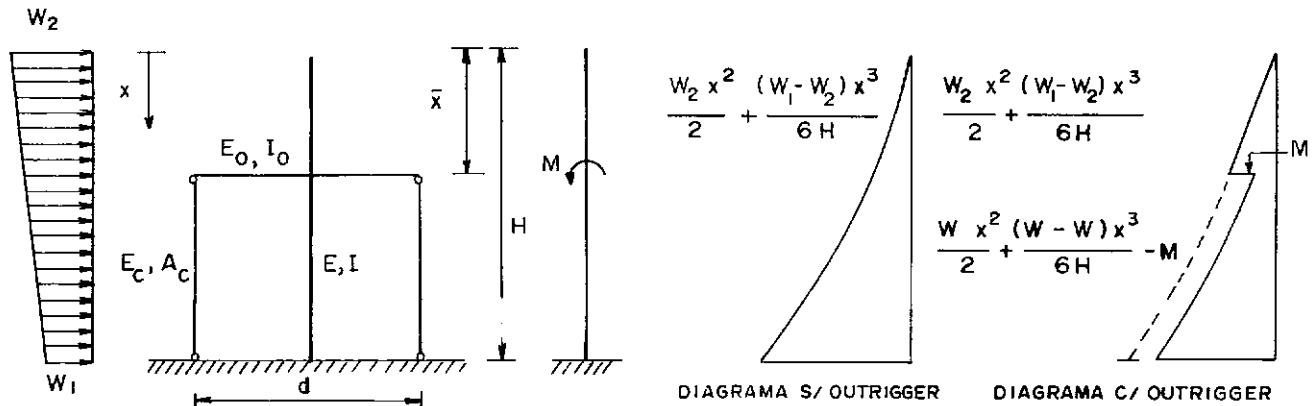


Figura IV.2 - Modelo estrutural com um "OUTRIGGER"

"OUTRIGGER" composta por duas parcelas correspondentes à deformação axial diferencial das colunas perimetrais e à flexão do "OUTRIGGER" sob a ação das reações surgidas nas referidas colunas. Estas parcelas podem ser expressas, respectivamente, pelas relações

$$\theta_a = \frac{2M (H - \bar{x})}{d^2 E_c A_c} \quad (IV.2)$$

$$e \quad \theta_b = \frac{Md}{12E_o I_o} \quad (IV.3)$$

Desta forma, estando o "OUTRIGGER" rigidamente engastado no núcleo, a compatibilidade de rotação para $x = \bar{x}$ implica em

$$\theta = \theta_a + \theta_b \quad (IV.4)$$

Levando-se as expressões IV.1, IV.2 e IV.3 à última equação, obtém-se a equação

$$\frac{1}{E I} \left[\frac{W_2 (H^3 - \bar{x}^3)}{6} + \frac{(W_1 - W_2) (H^4 - \bar{x}^4)}{24H} - M (H - \bar{x}) \right] = \frac{2M (H - \bar{x})}{d^2 E_c A_c} + \frac{Md}{12E_o I_o} \quad (IV.5)$$

da qual, explicitando-se M, obtém-se

$$M = \frac{1}{6EI [S(H - \bar{x}) + S_1]} \left[W_2 (H^3 - \bar{x}^3) + \frac{(W_1 - W_2)(H^4 - \bar{x}^4)}{4H} \right], \quad (IV.6)$$

que representa o momento introduzido no núcleo pela ação do "OUTRIGGER" e onde

$$S_1 = \frac{d}{12E_o I_o} \quad (IV.7)$$

$$e \quad S = \frac{1}{E I} + \frac{2}{d^2 E_c A_c} \quad (IV.8)$$

Deve-se notar que $E_o I_o$ é a rigidez equivalente à flexão de um "OUTRIGGER", em idealização unidimensional estendida até o centróide do núcleo. Esta rigidez pode ser obtida a partir da rigidez efetiva à flexão do "OUTRIGGER" ($E_o I_o'$), cujo comprimento deformável vai até a face do núcleo (figura IV.3), utilizando a expressão

$$E_o I_o = \left[1 + \frac{a}{b} \right]^3 E_o I_o'. \quad (IV.9)$$

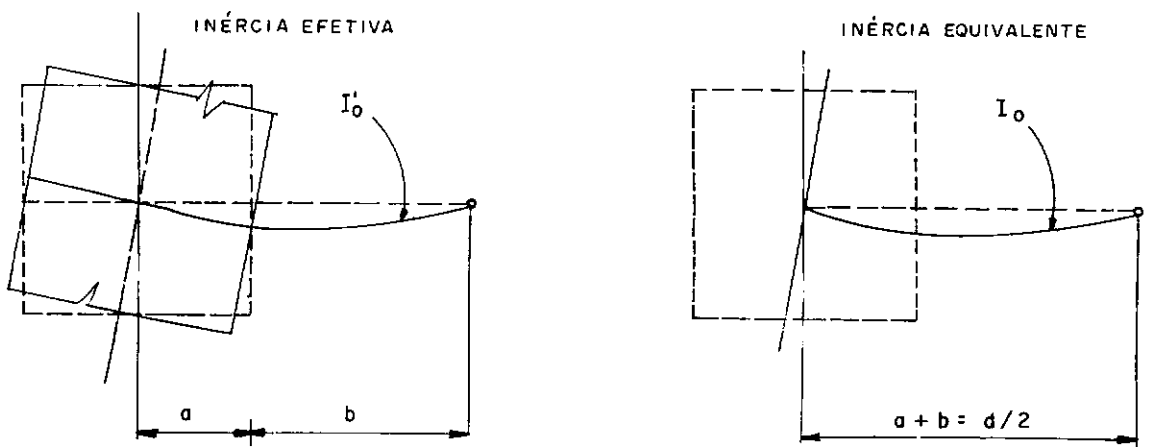


Figura IV.3 - Rigidez equivalente de um "OUTRIGGER"

O deslocamento horizontal de topo da estrutura (no ponto $x = 0$) expressa-se por

$$\Delta_o = \frac{(4W_1 + 11W_2) H^4}{120EI} - \frac{1}{2EI} \left[M(H^2 - \bar{x}^2) \right], \quad (IV.10)$$

onde a primeira parcela do segundo membro representa o

deslocamento horizontal de topo da estrutura submetida ao carregamento lateral e a segunda corresponde à redução Δ provocada pelo momento introduzido no núcleo através do "OUTRIGGER". Assim, tem-se

$$\Delta = \frac{M}{2EI} (H^2 - \bar{x}^2) , \quad (IV.11)$$

Interessa determinar a posição de colocação do "OUTRIGGER" de tal forma que a redução do deslocamento horizontal de topo seja máxima, o que ocorrerá para $d\Delta/d\bar{x} = 0$. Essa condição, levando à expressão IV.11 o valor de M dado em IV.6, resulta em

$$\begin{aligned} 5(R - 1)\bar{x}^6 - 2[3R - 11 + 3K_o(R - 1)]\bar{x}^5 \\ + (3R + 17 + 20K_o)\bar{x}^4 + 4[R - 3 + K_o(R + 1)]\bar{x}^3 \\ + (9 + 12K_o - R)\bar{x}^2 + 2[R + 3 + K_o(R + 3)]\bar{x} \\ - (R + 3) = 0 , \end{aligned} \quad (IV.12)$$

onde são introduzidos os parâmetros

$$K_o = \frac{S_1}{SH} = \frac{d/(12E_o I_o)}{\left[\frac{1}{E \cdot I} + \frac{2}{d^2 E_c A_c} \right] H} , \quad (IV.13)$$

$$R = \frac{W_1}{W_2} , \quad (IV.14)$$

$$\text{e } \bar{x} = \frac{\bar{x}}{H} . \quad (IV.15)$$

A partir da equação IV.12, para cada valor de R ($0 \leq R \leq 1$), é possível traçar-se gráficos $K_o \times \bar{x}$ (figura IV.4) ou tabelar esses valores de modo que, a partir do parâmetro de rigidez K_o pode-se obter a posição ótima de colocação do "OUTRIGGER" que produz a máxima redução do deslocamento horizontal de topo do sistema de contraventamento. No Apêndice I são apresentadas onze tabelas (tabelas I.1 a I.11) para valores de R variando de

zero a 1,0, com incrementos de 0,1, onde são dados os valores de \bar{X} em função do valor de K_0 . Na determinação dos valores das tabelas constatou-se que, para qualquer valor de R , \bar{X} tende a ficar praticamente constante para $K_0 > 16$.

As equações IV.6, IV.10 e IV.12, considerando as hipóteses formuladas na referência (6), de carregamento uniformemente distribuído ($R = 1,0$), reduzem-se às expressões dadas em IV.16, IV.17 e IV.18. Esta última equação, em uma segunda particularização para considerarmos infinita a rigidez à flexão do "OUTRIGGER" ($K_0 = 0$), resulta na equação IV.19 cuja solução é $\bar{X} = 0,455$

$$M = \frac{W(H^3 - \bar{x}^3)}{6EI \left[S(H - \bar{x}) + S_1 \right]} \quad (\text{IV.16})$$

$$\Delta_0 = \frac{W.H^4}{8EI} - \frac{M}{2EI} \left[H^2 - \bar{x}^2 \right] \quad (\text{IV.17})$$

$$4\bar{x}^5 - 5 \left(1 + K_0 \right) \bar{x}^4 - 2 \left(1 - K_0 \right) \bar{x}^3 + \left(2 + 3K_0 \right) \bar{x}^2 + 2 \left(1 + K_0 \right) \bar{x} - 1 = 0 \quad (\text{IV.18})$$

$$4\bar{x}^5 - 5\bar{x}^4 - 2\bar{x}^3 + 2\bar{x}^2 + 2\bar{x} - 1 = 0 \quad (\text{IV.19})$$

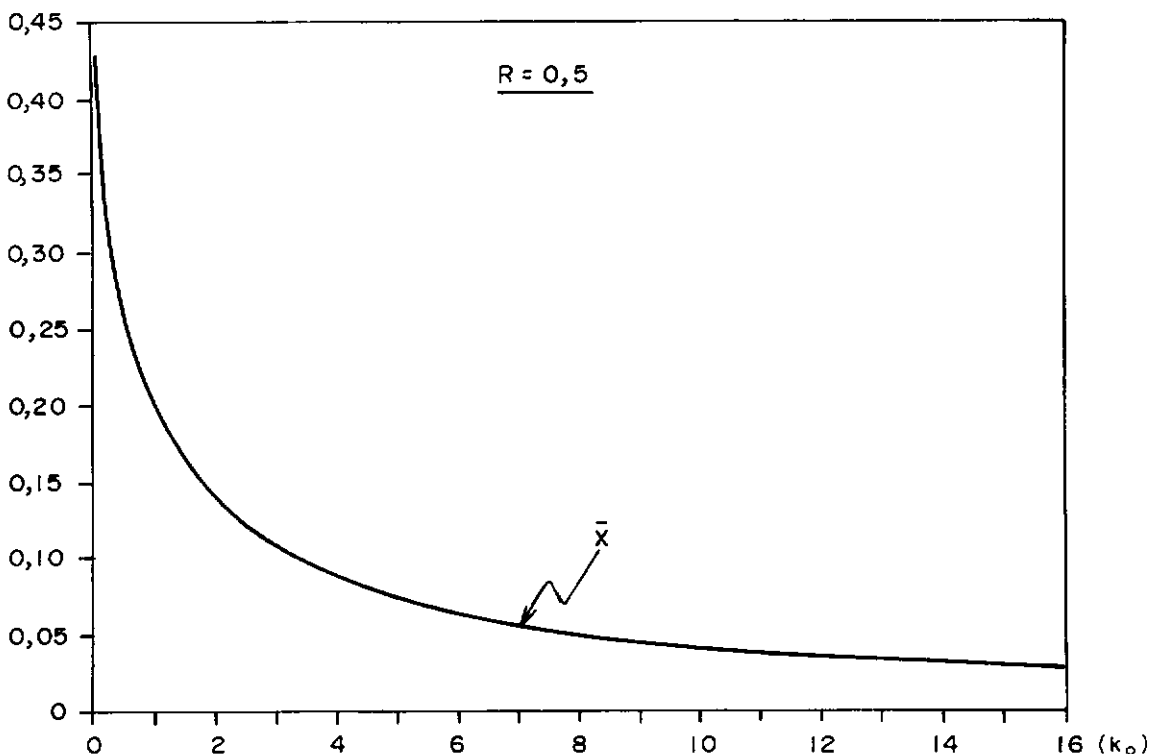


Figura IV. 4 - Posição ótima de colocação de um "outrigger" para $R = 0,5$

ou $\bar{x} = 0,455.H$, o que corresponde ao resultado encontrado na referência (3).

IV.2.3 - MOMENTOS E ESFORÇOS AXIAIS

A ação do "OUTRIGGER" sobre o núcleo traduz-se também na redução dos momentos que solicitam o sistema de contraventamento, produzindo menores solicitações nas colunas abaixo de seu ponto de aplicação. Assim, para $\bar{x} \leq x \leq H$, a distribuição de momentos no núcleo é dada por

$$M_x = \frac{W_2 x^2}{2} + \frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} - M. \quad (IV.20)$$

O mesmo ocorre em relação aos esforços axiais nas colunas do sistema de contraventamento vertical que, para $x \leq \bar{x} \leq H$, passam a ser solicitadas por

$$N_x = \pm \left[\frac{M_x}{2a} - \frac{M}{d} \right], \quad (IV.21)$$

uma vez que as colunas perimetrais da edificação ficam submetidas a esforços normais adicionais dados por

$$N_x^E = \pm \frac{M}{d}. \quad (IV.22)$$

Observe-se que, nas duas últimas equações o sinal positivo refere-se a esforços de tração introduzidos nas colunas a barlavento e o sinal negativo a esforços de compressão nas situadas a sotavento.

IV.2.4 - EFICIÊNCIA DO "OUTRIGGER"

Costuma-se medir a eficiência de um "OUTRIGGER" através da redução do momento na base do sistema de contraventamento vertical, tomada como uma porcentagem da máxima redução possível (6), a qual ocorre quando as colunas exteriores e o núcleo atuam de forma completamente

solidária para resistir ao carregamento lateral. A redução máxima, portanto, é expressa por

$$M_n = \left[\frac{E_c A_c \frac{d^2}{2}}{EI + E_c A_c \frac{d^2}{2}} \right] \times \frac{(W_1 + 2W_2) H^2}{6} \quad (IV.23)$$

ou, em função do parâmetro S, expresso na equação IV.8, por

$$M_n = \frac{(W_1 + 2W_2) H^2}{6EI S} \quad (IV.24)$$

A eficiência do "OUTRIGGER" será dada ,então, por

$$M\% = \frac{M}{M_n} \times 100 \quad (IV.25)$$

ou, aproveitando as equações IV.6 e IV.24, podemos escrever

$$M\% = \frac{(1 - \bar{X}^3) + (R - 1)(1 - \bar{X}^4)}{4(1 - \bar{X} + K_o).(R + 2)} \times 100 \quad (IV.26)$$

Uma outra forma para expressar a eficiência do "OUTRIGGER" é relacionada com a redução máxima do deslocamento lateral de topo do sistema de contraventamento. Assim, analogamente às expressões dadas em IV.24, IV.25 e IV.26, tem-se

$$\Delta_n = \frac{(4W_1 + 11W_2) H^4}{120(EI)^2 S} \quad (IV.27)$$

$$\Delta\% = \frac{\Delta}{\Delta_n} \times 100 \quad (IV.28)$$

$$\Delta\% = \frac{5(1 - \bar{X}^2) \left[4(1 - \bar{X}^3) + (R - 1)(1 - \bar{X}^4) \right]}{2(4R + 11)(1 - \bar{X} + K_o)} \quad (IV.29)$$

A eficiência do "OUTRIGGER", tanto em termos de

redução do momento fletor na base do núcleo, quanto em termos da redução do deslocamento lateral do sistema de contraventamento, pode ser representada graficamente, para um dado valor de R , conforme mostrado na figura IV.5. Nas tabelas I.1 a I.11 do Apêndice I também estão listados os valores de $M\%$ e $\Delta\%$, correspondentes aos diversos valores de R e K_0 .

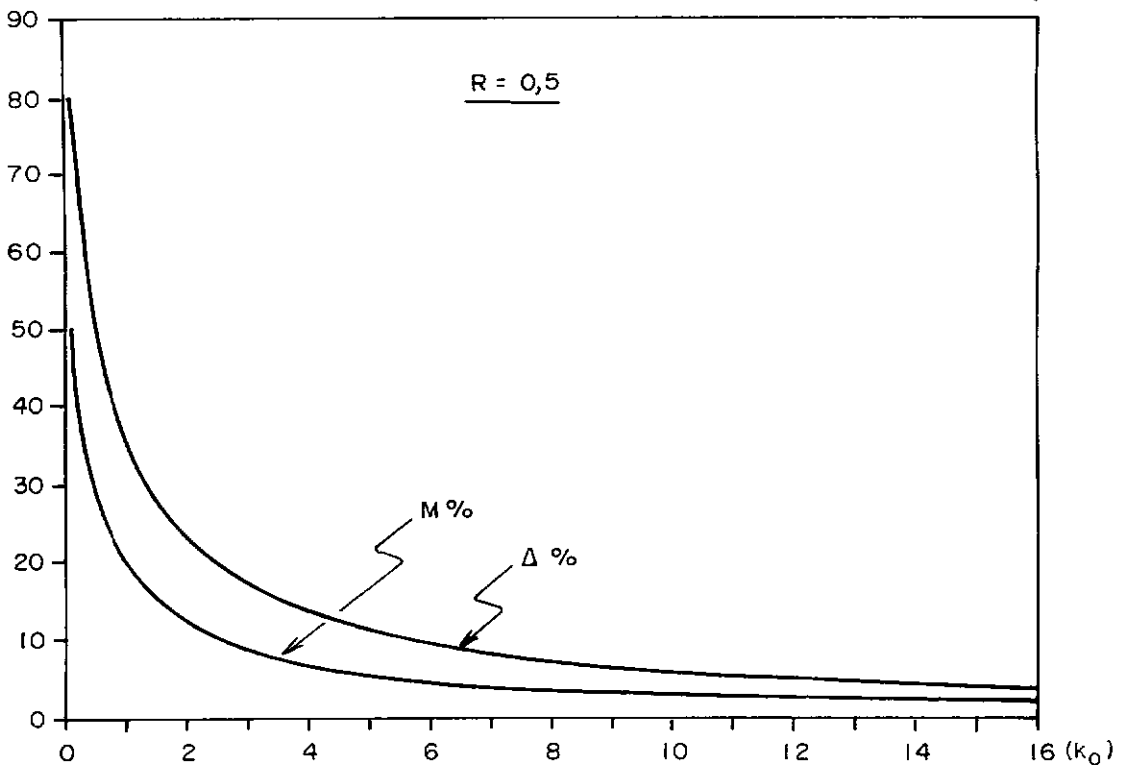


Figura IV.5 - Eficiências $M\%$ e $\Delta\%$ de um "outrigger" para $R = 0,5$

Os valores de $M\%$ e $\Delta\%$, listados nas tabelas I.1 a I.11, permitem calcular, respectivamente, o valor do momento na base do sistema de contraventamento e o valor do seu deslocamento lateral de topo através das expressões

$$M_H = \frac{W_2 H^2 (R + 2)}{6} \left[1 - \frac{M\%}{100} \times \frac{1}{EIS} \right] \quad (IV.30)$$

$$e \quad \Delta_0 = \frac{W_2 H^4 (4R + 11)}{120EI} \left[1 - \frac{\Delta\%}{100} \times \frac{1}{EIS} \right] \quad (IV.31)$$

Considerando a formulação de TARNAH (3), para $K_0 = 0$ e $W = W_1 = W_2$, as expressões IV.24 e IV.27 transformam-se, respectivamente, em

$$M_n = \frac{W H^2}{2 E I S} \quad (IV.32)$$

$$e \quad \Delta_n = \frac{W \cdot H^4}{8 (E I)^2 S} \quad , \quad (IV.33)$$

enquanto as expressões IV.30 e IV.31 transformam-se, respectivamente, em

$$M_H = \frac{W \cdot H^2}{2} \left[1 - \frac{M\%}{100} \times \frac{1}{E I S} \right] \quad (IV.34)$$

$$e \quad \Delta_o = \frac{W \cdot H^4}{8 E I} \left[1 - \frac{\Delta\%}{100} \times \frac{1}{E I S} \right] . \quad (IV.35)$$

CAPÍTULO V

GENERALIZAÇÃO PARA VÁRIOS "OUTRIGGERS"

V.1 - MODELO COM DOIS "OUTRIGGERS"

Com a finalidade de estabelecer expressões generalizadas para vários "OUTRIGGERS", no presente item vamos considerar um modelo com dois destes dispositivos, conforme esquematizado na figura V.1, adotando as mesmas hipóteses básicas do capítulo anterior e ainda considerando que os "OUTRIGGERS" têm a mesma rigidez.

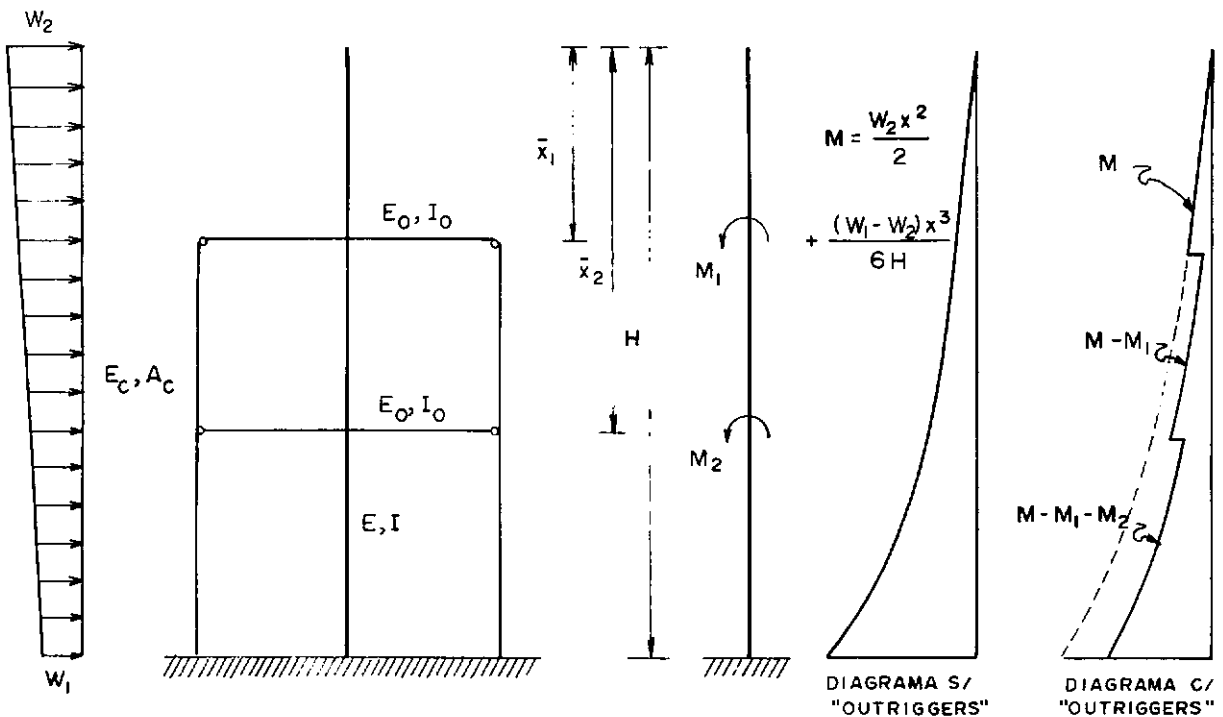


Figura V.1 - Modelo estrutural com dois "OUTRIGGERS"

V.1.1 - LOCALIZAÇÃO ÓTIMA DOS "OUTRIGGERS"

As rotações nos pontos $x = \bar{x}_1$ e $x = \bar{x}_2$ são dadas, respectivamente, por

$$\theta_1 = \frac{1}{E \cdot I} \int_{\bar{x}_1}^{\bar{x}_2} \left[\frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} + \frac{W_2 x^2}{2} - M_1 \right] dx$$

$$+ \frac{1}{E \cdot I} \int_{\bar{x}_2}^H \left[\frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} + \frac{W_2 x^2}{2} - M_1 - M_2 \right] dx \quad (V.1)$$

$$\text{e } \theta_2 = \frac{1}{E \cdot I} \int_{\bar{x}_2}^H \left[\frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} + \frac{W_2 x^2}{2} - M_1 - M_2 \right] dx \quad (V.2)$$

As rotações dos "OUTRIGGERS", em seus pontos de engaste, conforme visto anteriormente, são compostas por duas parcelas correspondentes, respectivamente, à deformação axial das colunas (θ_{1a} e θ_{2a}) e à flexão dos "OUTRIGGERS" (θ_{1b} e θ_{2b}), conforme as expressões abaixo

$$\theta_{1a} = \frac{2M_1(H - \bar{x}_1)}{d^2 E_c A_c} + \frac{2M_2(H - \bar{x}_2)}{d^2 E_c A_c} \quad (V.3)$$

$$\theta_{1b} = \frac{M_1 d}{12 E_o I_o} \quad (V.4)$$

$$\theta_{2a} = \frac{2(M_1 + M_2)(H - \bar{x}_2)}{d^2 E_c A_c} \quad (V.5)$$

$$\text{e } \theta_{2b} = \frac{M_2 d}{12 E_o I_o} \quad (V.6)$$

Compatibilizando as rotações nos pontos de engaste dos "OUTRIGGERS", obtém-se

$$M_1 \left[S_1 + S(H - \bar{x}_1) \right] + M_2 S(H - \bar{x}_2) =$$

$$= \frac{1}{E \cdot I} \left[\frac{(W_1 - W_2)(H^4 - \bar{x}_1^4)}{24H} + \frac{W_2}{6} (H^3 - \bar{x}_1^3) \right] \quad (V.7)$$

$$e \quad M_1 S(H - \bar{x}_1) + M_2 \left[S_1 + S(H - \bar{x}_2) \right] =$$

$$= \frac{1}{E \cdot I} \left[\frac{(W_1 - W_2)(H^4 - \bar{x}_2^4)}{24H} + \frac{W_2}{6} (H^3 - \bar{x}_2^3) \right] \quad (V.8)$$

Resolvendo-se as equações V.7 e V.8, obtemos as expressões para os momentos M_1 e M_2 introduzidos no núcleo pela ação dos "OUTRIGGERS", da forma

$$M_1 = \frac{1}{6EI \left[S_1^2 + S_1 S(2H - \bar{x}_1 - \bar{x}_2) + S^2 (H - \bar{x}_2)(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) \right]}$$

$$\times \left\{ \frac{(W_1 - W_2) \left[S(H - \bar{x}_2)(\bar{x}_2^4 - \bar{x}_1^4) + S_1 (H^4 - \bar{x}_1^4) \right]}{4H} \right.$$

$$\left. + W_2 \left[S(H - \bar{x}_2)(\bar{x}_2^3 - \bar{x}_1^3) + S_1 (H^3 - \bar{x}_1^3) \right] \right\} \quad (V.9)$$

$$e \quad M_2 = \frac{1}{6EI \left[S_1^2 + S_1 S(2H - \bar{x}_1 - \bar{x}_2) + S^2 (H - \bar{x}_2)(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) \right]}$$

$$+ \left[\frac{(W_1 - W_2) \left\{ S \left[(H - \bar{x}_1)(H^4 - \bar{x}_2^4) - (H - \bar{x}_2)(H^4 - \bar{x}_1^4) \right] + S_1 (H^4 - \bar{x}_2^4) \right\}}{4H} \right.$$

$$\left. + W_2 \left\{ S \left[(H - \bar{x}_1)(H^3 - \bar{x}_2^3) - (H - \bar{x}_2)(H^3 - \bar{x}_1^3) \right] + S_1 (H^3 - \bar{x}_2^3) \right\} \right] \quad (V.10)$$

Entretanto, o sistema composto pelas equações V.7 e V.8 pode ser escrito sob forma matricial, como mostrado na equação V.11, cuja solução está expressa nas equações V.9 e V.10.

$$\begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \end{Bmatrix} = \frac{W_1 - W_2}{24EIH} \begin{bmatrix} S_1 + S(H - \bar{x}_1) & S(H - \bar{x}_2) \\ S(H - \bar{x}_2) & S_1 + S(H - \bar{x}_2) \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{Bmatrix} H^4 - \bar{x}_1^4 \\ H^4 - \bar{x}_2^4 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} S_1 + S(H - \bar{x}_1) & S(H - \bar{x}_2) \\ S(H - \bar{x}_2) & S_1 + S(H - \bar{x}_2) \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{Bmatrix} H^3 - \bar{x}_1^3 \\ H^3 - \bar{x}_2^3 \end{Bmatrix}. \quad (V.11)$$

O deslocamento de topo do núcleo, considerando a ação dos "OUTRIGGERS" será dado por

$$\Delta_o = \frac{(4W_1 + 11W_2)H^2}{120EI} - \frac{1}{2EI} [M_1(H^2 - \bar{x}_1^2) + M_2(H^2 - \bar{x}_2^2)]. \quad (V.12)$$

Portanto, a redução do deslocamento lateral de topo devida à ação dos "OUTRIGGERS" vale

$$\Delta = \frac{1}{2EI} [M_1(H^2 - \bar{x}_1^2) + M_2(H^2 - \bar{x}_2^2)]. \quad (V.13)$$

Para obtermos a posição ótima de colocação dos "OUTRIGGERS", com vistas à máxima redução do deslocamento lateral de topo, devemos impor as condições

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \bar{x}_1} = 0 \quad (V.14) \quad \text{e} \quad \frac{\partial \Delta}{\partial \bar{x}_2} = 0, \quad (V.15)$$

ou seja, devemos resolver o sistema

$$\begin{cases} (H^2 - \bar{x}_1^2) \frac{\partial M_1}{\partial \bar{x}_1} + (H^2 - \bar{x}_2^2) \frac{\partial M_2}{\partial \bar{x}_1} - 2M_1\bar{x}_1 = 0 \\ (H^2 - \bar{x}_1^2) \frac{\partial M_1}{\partial \bar{x}_2} + (H^2 - \bar{x}_2^2) \frac{\partial M_2}{\partial \bar{x}_2} - 2M_2\bar{x}_2 = 0 \end{cases} \quad (V.16)$$

A resolução do sistema V.16 conduz a equações demasiadamente longas, as quais não serão aqui reproduzidas. A sua solução exigiu a utilização de um programa computacional, reproduzido no Apêndice II, e de uma sub-rotina (B) para resolução de sistema de equações algébricas não-lineares. Os resultados, a exemplo do caso

com um "OUTRIGGER", foram agrupados em onze tabelas (II.1 a II.11), apresentadas no Apêndice I, para diversos valores de R e K_0 .

A figura V.2 apresenta um gráfico onde, a partir do parâmetro K_0 , pode-se obter os valores de \bar{x}_1 e \bar{x}_2 .

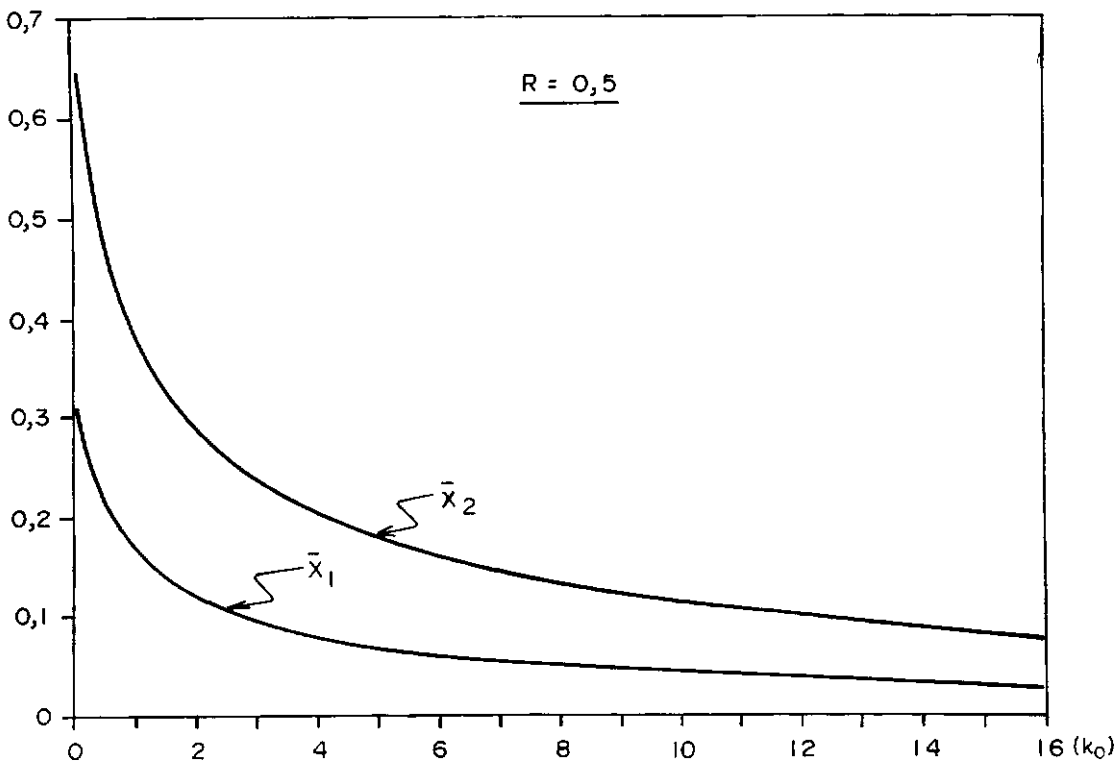


Figura V. 2- Posições ótimas de colocação de dois "outriggers" para $R=0,5$

Em forma matricial, o sistema V.15 pode ser representado por

$$\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix}^T \times \begin{Bmatrix} H^2 - \bar{x}_1^2 \\ H^2 - \bar{x}_2^2 \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} M_1 \bar{x}_1 \\ M_2 \bar{x}_2 \end{Bmatrix} = 0 \quad , \quad (V.17)$$

onde os termos M_{ij} representam as derivadas de M_i em relação a \bar{x}_j .

Assumindo as hipóteses formuladas por McNABB e MUVDI(4), que consideraram carregamento uniformemente distribuído ao longo da altura da edificação ($R = 1$) e "OUTRIGGERS" infinitamente rígidos ($K_0 = 0$), o sistema V.16 conduz a

$$\begin{cases} 4\bar{x}_1^5 + 5\bar{x}_1^4\bar{x}_2 - 2\bar{x}_1^3 + 2\bar{x}_1^2\bar{x}_2 + 2\bar{x}_1\bar{x}_2^4 - \bar{x}_2^5 = 0 \\ \bar{x}_1^5 - 3\bar{x}_1^4\bar{x}_2 - 2\bar{x}_1^3\bar{x}_2^2 + 6\bar{x}_1^2\bar{x}_2^3 + 3\bar{x}_1\bar{x}_2^4 - \bar{x}_1^2 - 3\bar{x}_1\bar{x}_2^4 - 6\bar{x}_1\bar{x}_2^3 + 2\bar{x}_1\bar{x}_2 + 3\bar{x}_2^4 - \bar{x}_2^3 = 0 \end{cases} \quad (V.18)$$

cujas raízes são $\bar{x}_1 = 0,312$ e $\bar{x}_2 = 0,685$, de acordo com os resultados obtidos na referência (4).

V.1.2 - MOMENTOS E ESFORÇOS AXIAIS

A expressão geral da distribuição de momentos no núcleo é da forma

$$M_x = \frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} + \frac{W_2 x^2}{2} - M_1 - M_2, \quad (V.19)$$

sendo $M_1 = M_2 = 0$ para $0 < x < \bar{x}_1$ e $M_2 = 0$ para $\bar{x}_1 < x < \bar{x}_2$. Assim, na base do sistema vertical de contraventamento ($x = H$), o momento fletor fica reduzido a

$$M_{x=H} = \frac{(W_1 + 2W_2)H^2}{6} - M_1 - M_2 = \frac{(W_1 + 2W_2)H^2}{6} - \sum_{i=1}^2 M_i. \quad (V.20)$$

Nas colunas do sistema vertical de contraventamento, a solicitação axial passa a ter a expressão geral dada por V.21, sendo "d" e "a" as distâncias indicadas nas figuras IV.2 e IV.3, prevalecendo os valores de M_1 e M_2 , de acordo com o

$$N_x = \pm \left[\frac{M_x}{2a} - \frac{M_1 + M_2}{d} \right] = \pm \left[\frac{M_x}{2a} - \frac{1}{d} \sum_{i=1}^2 M_i \right], \quad (V.21)$$

ponto considerado, já estabelecidos para a equação V.19.

Para as colunas perimetrais, os "OUTRIGGERS" introduzem solicitações axiais de valor

$$N_x^E = \pm \frac{M_1 + M_2}{d} = \pm \frac{1}{d} \sum_{i=1}^2 M_i, \quad (V.22)$$

cujo sinal duplo indica tração na colunas a barlavento (sinal positivo) e compressão nas colunas situadas a sotavento (sinal negativo).

V.1.3 - EFICIÊNCIA DOS "OUTRIGGERS"

Analogamente ao que foi visto no item IV.2.4, em relação à redução do momento fletor na base do núcleo, a eficiência de dois "OUTRIGGERS" é expressa por

$$M\% = \frac{M_1 + M_2}{M_n} \times 100 = \frac{1}{M_n} \sum_{i=1}^2 M_i \times 100. \quad (V.23)$$

Usando as expressões V.9, V.10, V.23 e IV.24, a eficiência será expressa por

$$M\% = \frac{100}{4(R+2 \left[(K_o^2 + K_o(2-\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + (1-\bar{X}_2)(\bar{X}_2 - \bar{X}_1)) \right])} \times$$

$$\left\{ (R-1) \left[K_o(2-\bar{X}_1^4 - \bar{X}_2^4) - (1-\bar{X}_2^4)(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) \right] + \right.$$

$$\left. \left[K_o(2-\bar{X}_1^3 - \bar{X}_2^3) - (1-\bar{X}_2^3)(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) \right] \right\}. \quad (V.24)$$

Em relação à redução do deslocamento lateral de topo do sistema de contraventamento vertical, usando as expressões IV.27, IV.28 e V.13, temos

$$\Delta\% = \frac{5 \times 100}{2(4R+11) \left[K_o^2 + K_o(2-\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + (1-\bar{X}_2)(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) \right]} \times$$

$$\left\{ \left[(1-\bar{X}_1)(1-\bar{X}_2)(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) + K_o(1-\bar{X}_2^2) \right] \times \left[(R-1)(1-\bar{X}_2^4) + 4(1-\bar{X}_2^3) \right] + \right.$$

$$\left. \left[(1-\bar{X}_2)(\bar{X}_2^2 - \bar{X}_1^2) + K_o(1+\bar{X}_1^2) \right] \times \left[(R-1)(1-\bar{X}_1^4) + 4(1-\bar{X}_1^3) \right] \right\} . \quad (V.25)$$

Os valores de $M\%$ e $\Delta\%$, para os diversos valores de R e K_o , são dados nas tabelas 11.1 a 11.11 do Apêndice I.

V.2 - EXPRESSÕES GENERALIZADAS PARA VÁRIOS "OUTRIGGERS"

A partir das expressões deduzidas no item anterior, podemos generalizar para o caso de vários "OUTRIGGERS", mantendo a consideração de que todos têm a mesma rigidez, escrevendo:

a) momentos devidos à ação de "n" "OUTRIGGERS"

$$\begin{Bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ \vdots \\ M_n \end{Bmatrix} = \frac{W_1 - W_2}{24EIH} \begin{bmatrix} S \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} H^4 - \frac{1}{2} \chi_1^4 \\ H^4 - \frac{1}{2} \chi_2^4 \\ H^4 - \frac{1}{2} \chi_3^4 \\ \vdots \\ H^4 - \frac{1}{2} \chi_n^4 \end{Bmatrix} + \frac{W_2}{6EI} \begin{bmatrix} S \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} H^3 - \chi_1^3 \\ H^3 - \chi_2^3 \\ H^3 - \chi_3^3 \\ \vdots \\ H^3 - \chi_n^3 \end{Bmatrix}$$

(V.26)

onde

$$[S] = \begin{bmatrix} S_1 + S(H - \bar{x}_1) & S(H - \bar{x}_2) & \dots & S(H - \bar{x}_i) & \dots & S(H - \bar{x}_n) \\ S(H - \bar{x}_2) & S_1 + S(H - \bar{x}_2) & \dots & S(H - \bar{x}_i) & \dots & S(H - \bar{x}_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ S(H - \bar{x}_i) & S(H - \bar{x}_i) & \dots & S_1 + S(H - \bar{x}_i) & \dots & S(H - \bar{x}_n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ S(H - \bar{x}_n) & S(H - \bar{x}_n) & \dots & S(H - \bar{x}_n) & \dots & S_1 + S(H - \bar{x}_n) \end{bmatrix}; \quad (V.27)$$

b) localização ótima dos "OUTRIGGERS"

$$\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & \dots & M_{1i} & \dots & M_{1n} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & \dots & M_{2i} & \dots & M_{2n} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & \dots & M_{3i} & \dots & M_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ M_{i1} & M_{i2} & M_{i3} & \dots & M_{ii} & \dots & M_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ M_{n1} & M_{n2} & M_{n3} & \dots & M_{ni} & \dots & M_{nn} \end{bmatrix}^T \begin{Bmatrix} H^2 - \bar{x}_1^2 \\ H^2 - \bar{x}_2^2 \\ H^2 - \bar{x}_3^2 \\ \vdots \\ H^2 - \bar{x}_i^2 \\ \vdots \\ H^2 - \bar{x}_n^2 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} H^2 - \bar{x}_1^2 \\ H^2 - \bar{x}_2^2 \\ H^2 - \bar{x}_3^2 \\ \vdots \\ H^2 - \bar{x}_i^2 \\ \vdots \\ H^2 - \bar{x}_n^2 \end{Bmatrix} - 2 \begin{Bmatrix} M_1 \bar{x}_1 \\ M_2 \bar{x}_2 \\ M_3 \bar{x}_3 \\ \vdots \\ M_i \bar{x}_i \\ \vdots \\ M_n \bar{x}_n \end{Bmatrix} = 0; \quad (V.28)$$

c) momento no núcleo

$$M_x = \frac{(W_1 - W_2)x^3}{6H} - \frac{W_2 x^2}{2} - \sum_{l=1}^j M_l; \quad (V.29)$$

onde j é o número de "OUTRIGGERS" acima do ponto considerado.

d) momento na base do núcleo

$$M_{x=H} = \frac{(W_1 - W_2)H^2}{6} - \sum_{l=1}^n M_l; \quad (V.30)$$

e) esforço axial nas colunas do núcleo

$$N_x = \pm \left[\frac{M_x}{2a} - \frac{1}{d} \sum_{l=1}^j M_l \right]; \quad (V.31)$$

f) esforço axial nas colunas perimetrais

$$N_x^E = \pm \frac{1}{d} \sum_{l=1}^j M_l ; \quad (V.32)$$

g) eficiência em termos de redução do momento na base do núcleo

$$M\% = \frac{100}{M_n} \sum_{l=1}^n M_l ; \quad (V.33)$$

h) eficiência em termos de redução do deslocamento lateral de topo

$$\Delta\% = \frac{100}{2EI\Delta_n} \sum_{l=1}^n M_l (H^2 - \bar{x}_l^2) . \quad (V.34)$$

No Apêndice I, tabelas III.1 a III.11 e IV.1 a IV.11, são apresentados os valores de $M\%$ e $\Delta\%$ para, respectivamente, três e quatro "OUTRIGGERS", os quais permitem, utilizando as expressões IV.30 e IV.31, calcular o valor do momento na base do sistema de contraventamento e o valor de seu deslocamento lateral de topo. Esses valores foram obtidos através de programas computacionais similares ao apresentado no Apêndice II e utilizando, com as convenientes adaptações, a sub-rotina IMSL (8).

As figuras V.3 e V.4 representam, respectivamente, a eficiência dos sistemas compostos por 1, 2, 3 e 4 "OUTRIGGERS", relativamente à redução do momento na base do núcleo e à redução do deslocamento de topo.

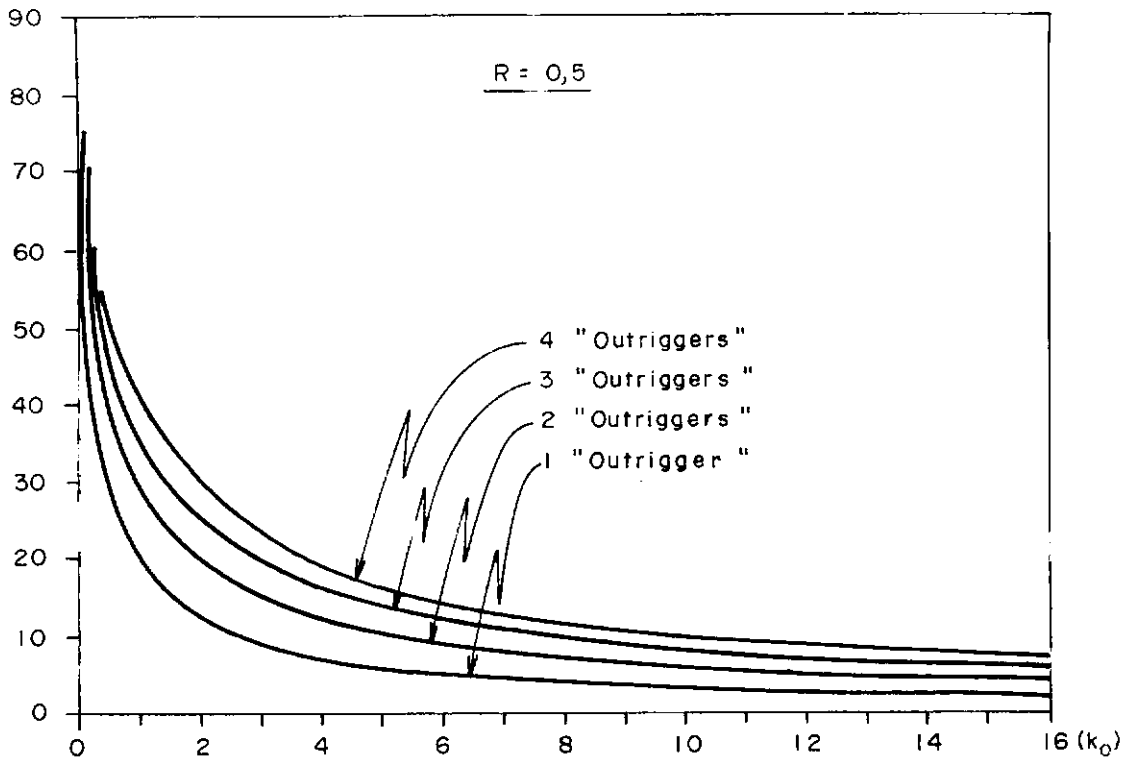


Figura V.3 - Eficiência $M\%$ de 1, 2, 3 e 4 "Outriggers" para $R = 0,5$

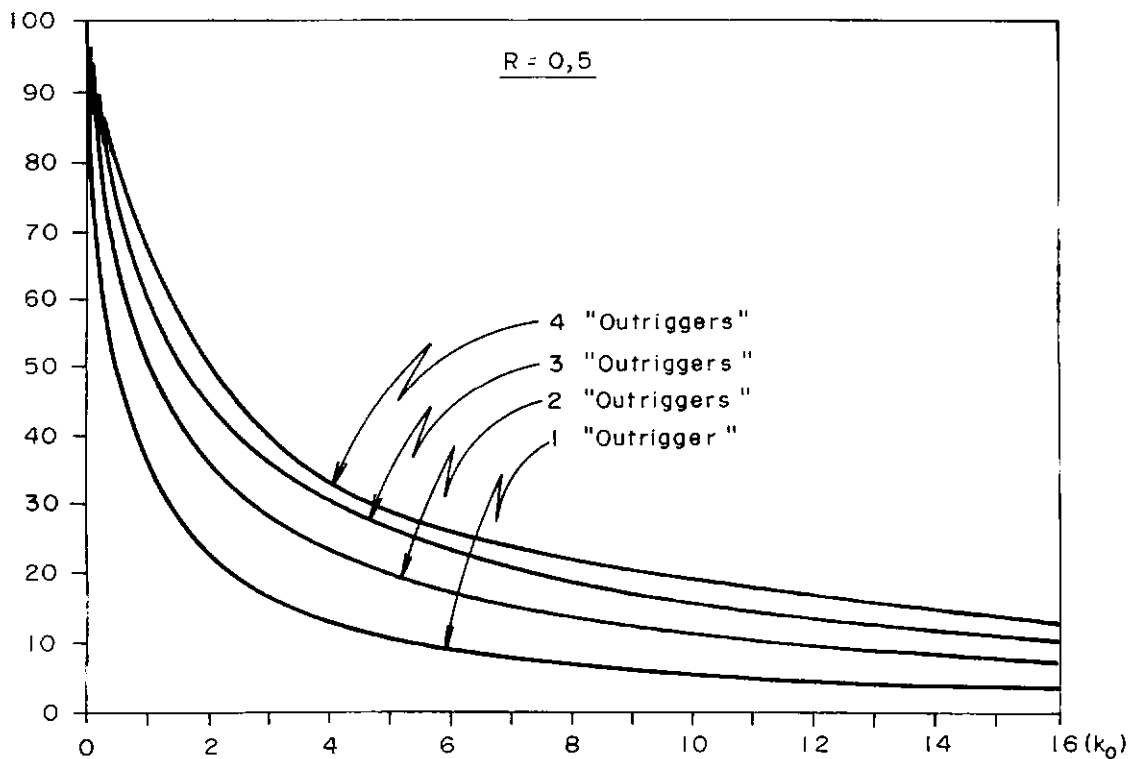


Figura V.4 - Eficiência $\Delta\%$ de 1, 2, 3 e 4 "Outriggers" para $R = 0,5$

CAPÍTULO VI

EXEMPLO E CONCLUSÕES

VI.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como aplicação das equações deduzidas nos capítulos anteriores, apresenta-se, a seguir, um exemplo de utilização de um "OUTRIGGER" em edifício alto, verificando o comportamento de um sistema estrutural composto por 20 pavimentos com 3 metros de pé-direito, correspondendo a uma altura total de 60 metros, com contraventamento em "X".

Em uma primeira fase, a finalidade é avaliar o comportamento do modelo estrutural simplificado que foi adotado como hipótese básica. Em outras palavras, o objetivo é aferir o grau de aproximação introduzido no modelo de cálculo quando o sistema estrutural tem seu comportamento associado ao de uma viga vertical em balanço, com inércia constante. A segunda fase tem a finalidade de comparar os resultados fornecidos pela formulação contida neste trabalho com os resultados obtidos, em um modelo discretizado de pórtico plano, através de uma análise computacional baseada no Método dos Deslocamentos.

Finalmente, este capítulo apresenta as conclusões retiradas da observação dos resultados obtidos nas duas fases, comparando-os, ainda, com os resultados obtidos através da formulação de STAFFORD SMITH e SALIM (6).

VI.2 - EXEMPLO

A figura Vi.1 representa um modelo discretizado de pórtico plano, apresentado na referência (16), que será adotado para exemplificar a utilização de um "OUTRIGGER". A figura Vi.1 apresenta ainda o carregamento lateral de vento obtido segundo as prescrições da NBR 6123 (19), a partir de agora designado por carregamento real, e o carregamento equivalente com distribuição linear,

simplificadamente designado por carregamento linear. As propriedades geométricas das barras do modelo adotado, doravante designado por estrutura real, são apresentadas na tabela VI.1 .

Barras	Perfis	Área (cm ²)	I _z
1 a 27	IP 220	33,3	2270
28 a 45	IP 240	39,1	3890
46 a 60	IP 300	53,8	8360
61 a 66	HPL 260	86,8	10450
67 a 72	HPL 220	64,3	5410
73 a 80	HPL 200	53,8	3690
81 a 86	HPL 280	97,3	13670
87 a 92	HPL 260	86,8	10450
93 a 100	HPL 240	76,8	7760
101 a 106	HPL 280	97,3	13670
107 a 112	HPL 260	86,8	10450
113 a 120	HPL 240	76,8	7760
121 a 1126	HPL 260	86,8	10450
127 a 132	HPL 220	64,3	5410
133 a 140	HPL 200	53,8	3690
141 a 160	2L200×24	182,2	7020
161 a 184	2L200×16	124,0	4940
185 e 186	IP 220	33,3	2270

Tabela VI.1 - Propriedades geométricas dos elementos do sistema estrutural real

Barras	Perfis	Área (cm ²)	I _z
Vigas	IP 240	39,1	3890
Pilares externos	HPL 220	64,3	5410
Pilares internos	HPL 260	86,8	10450
Diagonais	2L200×24	182,2	7020

Tabela VI.2 - Propriedades geométricas da estrutura idealizada

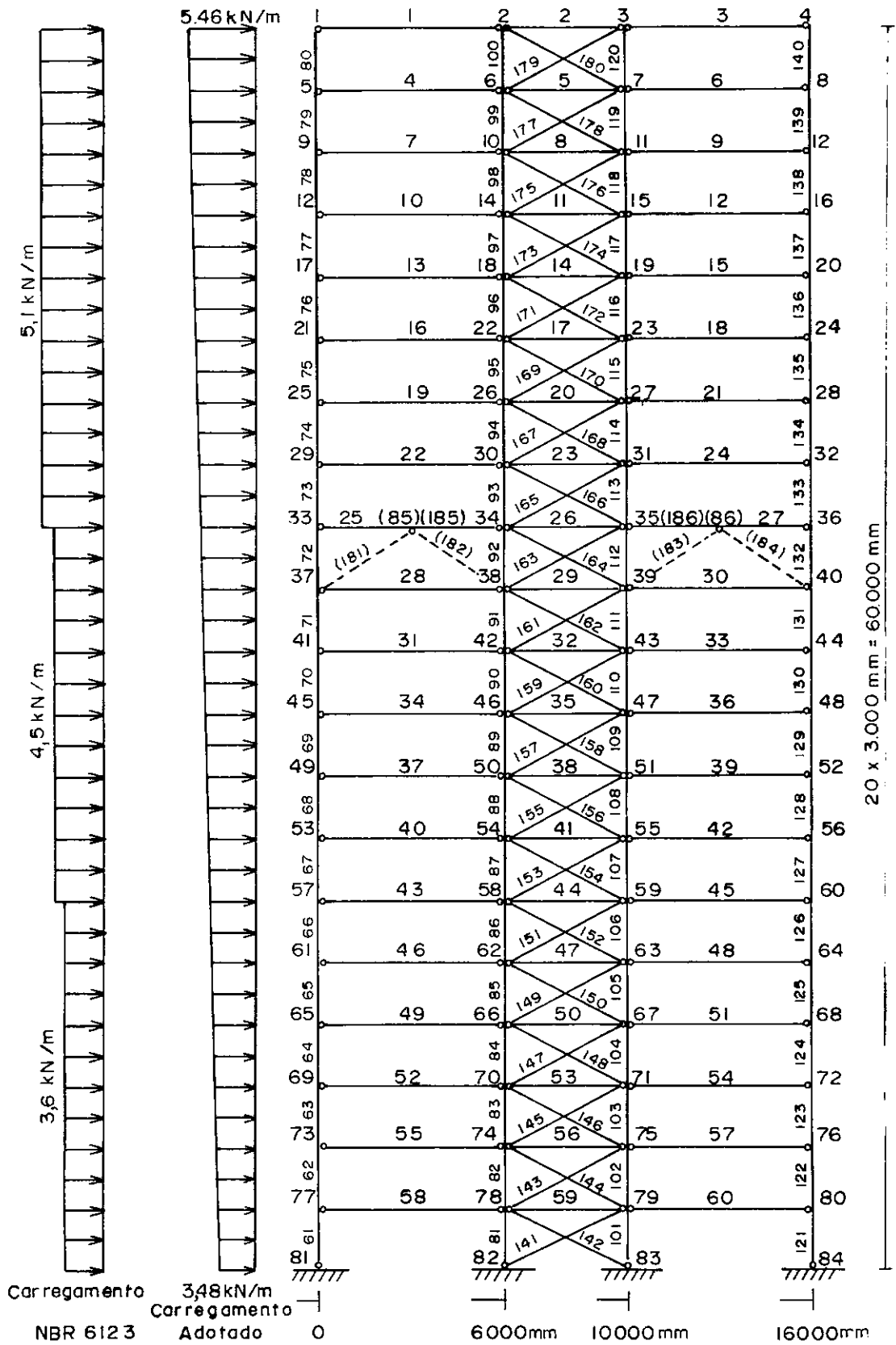


Figura VI.1 - Estrutura Projetada e Carregamento

Para fins de verificação da hipótese que considerava o comportamento do sistema de contraventamento associado ao de uma barra vertical em balanço, consideremos um sistema de contraventamento, dito estrutura idealizada, com a mesma geometria da estrutura real, mas composta por barras com as características apresentadas na tabela VI.2, utilizando perfis padronizados AÇOMINAS (20).

O "OUTRIGGER", escolhido em função de imposições arquitetônicas, é apresentado na figura VI.2, indicando-se aí os perfis utilizados. Este "OUTRIGGER", submetido a um carregamento qualquer, por exemplo uma carga concentrada vertical, aplicada em sua extremidade, permite calcular, por analogia com uma viga em balanço, a inércia I_0 .

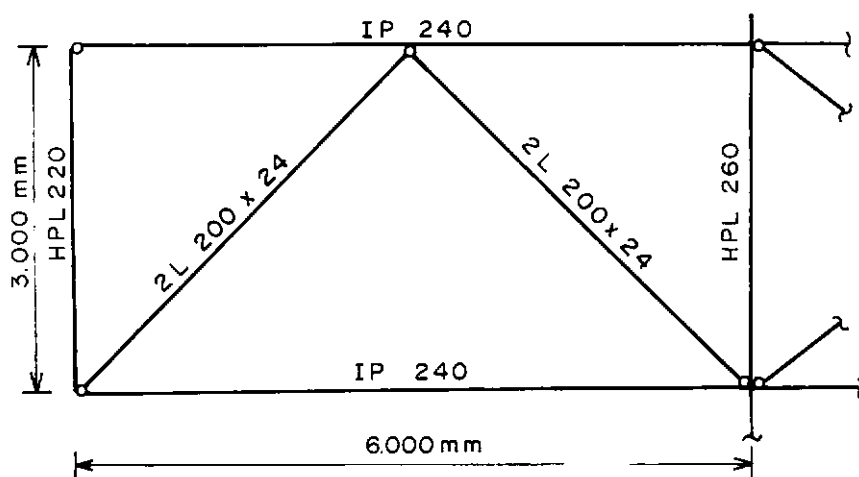


Figura VI.2-"Outrigger"

VI.2.1 - PRIMEIRA FASE

A estrutura idealizada, considerada de inércia constante ao longo da altura em virtude das características geométricas de seus elementos, foi analisada através do programa computacional LORANE LINEAR (21), considerando-se a ação do carregamento lateral real. Obteve-se, assim, o seu deslocamento horizontal de topo $\Delta_T = 0,54835$ m. Este deslocamento, compatibilizado para uma estrutura submetida aos carregamentos equivalentes, com distribuição linear e com distribuição uniforme, conduz, respectivamente, aos valores das inércias equivalentes I_L e I_U que correspondem

As inércias de estruturas que, submetidas aos carregamentos equivalentes, apresentassem um deslocamento de topo igual a Δ_T . Com estes valores e com I_0 obteve-se os valores de K_0 que, juntamente com os valores de R correspondentes aos carregamentos equivalentes, permitiram a obtenção dos valores de \bar{X} e $\Delta\%$, extraídos das tabelas 1.7 e 1.11 do Apêndice I, considerando nulo o valor de K_0 para ambos os casos, $R = 0,6$ para o carregamento com distribuição linear e $R = 1,0$ para o carregamento equivalente com distribuição uniforme. Todos esses valores são apresentados no quadro VI.1, sendo \bar{x} o ponto de aplicação do "OUTRIGGER", medido a partir do topo do sistema estrutural, e obtido multiplicando-se \bar{X} pela altura $H = 60$ m.

Tomando-se novamente a estrutura idealizada, agora com o "OUTRIGGER" colocado no 12º pavimento, a análise computacional forneceu os resultados apresentados na coluna relativa ao carregamento real do quadro VI.2,

Parâmetros	Carregamento Linear	Carregamento Uniforme
Inércia equivalente	$710766 \times 10^{-7} \text{ m}^4$	$644185 \times 10^{-7} \text{ m}^4$
K_0	0,05	0,04
R	0,64	1,00
\bar{X}	0,44679	0,45541
\bar{x}	26,81m	27,32m
$\Delta\%$	87,97%	87,86%

Quadro VI.1 - Parâmetros de cálculo para a estrutura idealizada

enquanto os demais resultados foram obtidos através das expressões deduzidas no capítulo IV.

Os quadros VI.3 e VI.4 mostram os valores encontrados para as reações verticais de apoio verificadas na estrutura idealizada submetida aos diversos carregamentos, e os valores do momento na base do núcleo, tomado como o momento das forças reativas verticais no centróide do mesmo, uma vez que os apoios foram considerados articulados, o que é comum em estruturas

Deslocamentos e Eficiência	Carregamento Real	Carregamento Linear	Carregamento Uniforme
Deslocamento s/ "outrigger"	0,54835	0,54835	0,54835
Deslocamento c/ "outrigger"	0,13984	0,14218	0,12962
Redução do deslocamento	0,40941	0,40617	0,41868
Δ_n	0,46924	0,46611	0,48207
$\Delta\%$	87,25%	87,14%	86,85%

Quadro VI.2 - Deslocamentos de topo e eficiência para a estrutura idealizada

Nós	Sem "outrigger"			Com "outrigger"		
	c.r.	c.l.	c.u.	c.r.	c.l.	c.u.
81	-233,3	-233,6	-212,2	-253,5	-253,8	-230,4
82	-1276,5	-1274,6	-1206,0	-1144,7	-1141,8	-1087,4
83	1276,5	1274,6	1206,0	1144,7	1141,8	1087,4
84	233,3	233,6	212,2	253,5	253,8	230,4

Quadro VI.3 - Reações verticais na estrutura idealizada

Momento na base do núcleo	Sem "outrigger"	Com "outrigger"
Carreg. real	5106,00 kN.m	4578,80 kN.m
Carreg. linear	5098,40 kN.m	4567,20 kN.m
Carreg. uniforme	4824,00 kN.m	4349,60 kN.m

Quadro VI.4 - Momentos na base do núcleo da estrutura idealizada

metálicas por razões econômicas. No quadro VI.3 c.r., c.l. e c.u. representam, respectivamente, o carregamento real, o carregamento equivalente com distribuição linear e o

carregamento linear com distribuição uniforme.

VI.2.2 - SEGUNDA FASE

Nesta fase, submetendo o pórtico representado na figura VI.1, através do programa LORANE LINEAR (21), ao carregamento obtido através das prescrições da norma e seus equivalentes com distribuição linear e com distribuição uniforme, foram obtidos os resultados apresentados no quadro VI.5, considerando que, para este pórtico, o 12º pavimento foi também apontado como a posição ótima de colocação do "OUTRIGGER".

Deslocamentos e Eficiência	Carregamento Real	Carregamento Linear	Carregamento Uniforme
Deslocamento s/ "outrigger"	0,50452	0,58122	0,52678
Deslocamento c/ "outrigger"	0,13092	0,10170	0,09298
Redução do deslocamento	0,37360	0,47952	0,43380
Δ_n	0,46652	0,457621	0,49224
$\Delta\%$	80,08%	83,22%	88,13%

Quadro VI.5 - Deslocamentos de topo e eficiência para a estrutura real

Nós	Sem "outrigger"			Com "outrigger"		
	c.r.	c.l.	c.u.	c.r.	c.l.	c.u.
81	-235,0	-235,2	-214,3	-266,5	-266,8	-242,6
82	-1245,5	-1243,4	-1175,9	-1093,7	-1091,1	-1039,7
83	1245,5	1243,4	1175,9	1093,7	1091,1	1039,7
84	235,0	235,2	214,3	266,5	266,8	242,6

Quadro VI.6 - Reações verticais na estrutura real

Momento na base do núcleo	Sem "outrigger"	Com "outrigger"
Carreg. real	4982,00 kN.m	4374,80 kN.m
Carreg. linear	4973,60 kN.m	4364,40 kN.m
Carreg. uniforme	4703,60 kN.m	4158,80 kN.m

Quadro VI.7 - Momentos na base do núcleo da estrutura real

Os quadros VI.6 e VI.7 apresentam, respectivamente, as reações verticais e os momentos na base do núcleo da estrutura real, ainda levando-se em consideração a observação feita na primeira fase em relação ao tipo de apoio escolhido para a estrutura.

VI.3 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através dos resultados da primeira fase, constata-se que é correta a hipótese de considerar o sistema estrutural como uma viga em balanço, com inércia constante, confirmando-se, assim, seu comportamento no modo flexionante. Tanto para o carregamento equivalente com distribuição linear quanto para o carregamento equivalente com distribuição uniforme, a eficiência, em termos da redução do deslocamento horizontal de topo ($\Delta\%$), se aproxima bastante do valor encontrado para o caso da estrutura idealizada com carregamento lateral real. As discrepâncias entre os valores de $\Delta\%$ tirados da tabela 1.7 e os valores calculados, respectivamente mostrados nos quadros VI.1 e VI.2, podem ser explicados pelo fato de que, ao colocarmos um "OUTRIGGER" em um dado pavimento, dificilmente se conseguirá fazer com que o seu centróide coincida com a posição ótima de colocação do mesmo, segundo o valor apontado pelos cálculos. Entretanto, mesmo introduzindo-se uma aproximação, verifica-se que os valores calculados para a eficiência são bastante próximos dos valores obtidos através das tabelas dadas no Apêndice I. O quadro VI.4, porém, apresenta valores para o momento na base do núcleo, utilizando-se ou não o "OUTRIGGER", bem

mais próximos dos valores reais quando se considera o carregamento equivalente com distribuição linear. Isto ocorre, como já dito anteriormente, em função do ponto de aplicação da resultante do carregamento equivalente com distribuição uniforme não coincidir com o ponto de aplicação da resultante do carregamento real. Assim sendo, embora os resultados, em termos do deslocamento de topo, sejam bem próximos dos verificados na estrutura idealizada com carregamento real, o carregamento com distribuição linear apresenta resultados mais confiáveis em termos globais do comportamento do sistema estrutural.

Na segunda fase, além da confirmação das constatações acima, nota-se um distanciamento dos valores da eficiência quando são comparados os resultados obtidos para o carregamento real com os verificados para os carregamentos equivalentes. Este fato, sem invalidar a formulação, é explicado pela simplificação adotada ao considerarmos a inércia constante, introduzindo, entretanto, um erro que pode ser considerado dentro de margem aceitável. Por outro lado, os resultados apresentados nos quadros VI.5 e VI.7 confirmam que a maior aproximação, em relação aos resultados reais, ocorre para o carregamento equivalente com distribuição linear, observando-se ainda, a partir dos resultados apresentados nesse último quadro, que as reações dos apoios correspondentes aos pilares externos são menores para o carregamento equivalente com distribuição uniforme. Isto indica que a transferência de esforços para os referidos pilares é menor, traduzindo-se em uma situação menos favorável, em termos de segurança, quanto ao dimensionamento dos mesmos.

VI.4 - CONCLUSÕES

Partindo da análise apresentada no item anterior e dos resultados apresentados nas tabelas do Apêndice I, este trabalho permite corroborar as seguintes conclusões, já apresentadas por STAFFORD SMITH e SALIM (6):

1) o uso de "OUTRIGGERS", de forma a mobilizar a rigidez aos esforços axiais dos pilares perimetrais, é um

eficiente meio de reduzir o deslocamento de topo do sistema de contraventamento vertical de uma estrutura submetida a cargas laterais;

2) o comportamento de um sistema estrutural, dotado de um ou vários "OUTRIGGERS", pode ser expresso em função de um parâmetro adimensional K_o , o qual depende da rigidez do sistema de contraventamento, dos "OUTRIGGERS" e dos pilares perimetrais;

3) para uma estrutura dotada de "OUTRIGGERS" pode-se, em função do parâmetro K_o , determinar as posições ótimas de colocação dos mesmos, correspondentes à máxima redução do deslocamento de topo;

4) quanto maior o número de "OUTRIGGERS", mantidas as demais propriedades constantes, maior a redução conseguida no deslocamento de topo. Entretanto a taxa de redução cai rapidamente para um número maior que três "OUTRIGGERS" introduzidos na estrutura. Observa-se, assim, que quatro destes dispositivos constituem o número máximo economicamente justificável;

5) a rigidez à flexão dos "OUTRIGGERS" deve ser sempre considerada, uma vez que a restrição introduzida no deslocamento de topo é diretamente proporcional a ela;

6) a influência da rigidez à flexão dos "OUTRIGGERS" é tanto maior quanto maior a rigidez axial dos pilares perimetrais;

7) se o controle do deslocamento de topo não é crítico, pode-se conseguir melhores resultados, em termos de redução do momento na base do núcleo, colocando os "OUTRIGGERS" abaixo de sua posição ótima.

Ao analisar os efeitos de um carregamento equivalente, tanto em termos de carga total quanto em termos do posicionamento de sua resultante, a nova formulação aqui apresentada permite, adicionalmente, concluir que a distribuição do carregamento linear exerce considerável influência na análise do desempenho dos "OUTRIGGERS", tanto em relação à redução do deslocamento de topo do núcleo, quanto no que se refere à redução do momento em sua base. Em outras palavras, a adoção de um carregamento equivalente como o proposto neste trabalho reduz a margem de erro introduzida pela hipóteses básicas,

tornando mais confiável a utilização de "OUTRIGGERS" para a finalidade em questão. Pode-se antecipar ainda que, à medida que cresce a altura dos edifícios, maior se torna a diferença entre os resultados obtidos através das diferentes formulações, podendo mesmo ocorrer divergências entre o pavimento correspondente à posição ótima de colocação dos "OUTRIGGERS".

VI.5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em complementação ao exposto anteriormente, algumas considerações finais tornam-se importantes, quer seja a respeito da utilização dos resultados obtidos neste trabalho, quer seja em relação à metodologia aqui empregada e a eventuais desdobramentos deste trabalho.

Em primeiro lugar, é importante ressaltar as limitações quanto à aplicação dos resultados obtidos, em função da metodologia aqui utilizada. Assim sendo, recomenda-se o emprego dos resultados apenas na fase de ante-projeto, verificando-se a validade dos mesmos após uma criteriosa análise estrutural. Tal recomendação justifica-se em virtude das aproximações anteriormente comentadas, somadas ao fato de que as ligações viga-pilar foram consideradas perfeitamente articuladas, assim como as ligações entre pilares e ligações "OUTRIGGER"-núcleo foram consideradas 100% rígidas. Entretanto, sabe-se que, na prática, as ligações comportam-se diferentemente das hipóteses estabelecidas, o que implicará em resultados diferentes do esperado através do comportamento ideal. Além disso, deve-se prestar especial atenção ao acréscimo de esforço normal nos pilares situados nas fachadas dos edifícios. Um outro aspecto também importante, está relacionado com a posição de colocação dos "OUTRIGGERS", podendo ocorrer casos em que a única possibilidade de colocação seja um pavimento técnico (máquinas, ar condicionado, etc.), ocasião em que os resultados obtidos neste trabalho servirão para que se tente tirar o máximo proveito da situação, atuando sobre a rigidez dos "OUTRIGGERS".

Relativamente a eventuais desdobramentos deste trabalho, alternativas interessantes seriam as considerações referentes ao comportamento não ideal das ligações e a análise da viabilidade do modelo proposto quando submetido a ações dinâmicas, onde os "OUTRIGGERS" atuariam como grandes massas, concentradas em pontos discretos situados ao longo do núcleo, o qual, a exemplo deste trabalho, seria tomado como uma barra vertical engastada na base.

Cumprе ainda salientar que, por ocasião da elaboração final do texto deste trabalho, TARANATH (22) publicou um gráfico de locação ótima de "OUTRIGGERS", considerando a influência do carregamento lateral com distribuição lateral, adaptado a um exemplo descrito na citada referência. Nesse gráfico, para uma dada rigidez de um "OUTRIGGER" é apresentada uma curva que fornece a sua posição ótima de colocação. No mesmo gráfico, diversas curvas fornecem a posição ótima de dois "OUTRIGGERS", sendo que cada curva se refere ao pavimento de colocação do "OUTRIGGER" superior e fornece, através da distância de sua tangente vertical ao eixo, a posição de colocação do outro "OUTRIGGER".

APENDICE I

TABELA 1.1

K _o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K _o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,42987	59,56	88,28	8,25	0,04930	4,08	7,39
0,25	0,30900	38,40	63,16	8,50	0,04810	3,97	7,20
0,50	0,25381	29,48	50,14	8,75	0,04696	3,86	7,01
0,75	0,21853	24,16	41,84	9,00	0,04587	3,77	6,83
1,00	0,19318	20,56	36,00	9,25	0,04483	3,67	6,67
1,25	0,17376	17,94	31,63	9,50	0,04384	3,59	6,51
1,50	0,15827	15,93	28,24	9,75	0,04290	3,50	6,36
1,75	0,14553	14,34	25,52	10,00	0,04199	3,42	6,21
2,00	0,13484	13,05	23,29	10,25	0,04112	3,35	6,07
2,25	0,12571	11,97	21,42	10,50	0,04028	3,27	5,94
2,50	0,11781	11,06	19,84	10,75	0,03948	3,20	5,81
2,75	0,11089	10,29	18,47	11,00	0,03871	3,13	5,69
3,00	0,10478	9,61	17,29	11,25	0,03797	3,07	5,57
3,25	0,09933	9,02	16,24	11,50	0,03726	3,01	5,46
3,50	0,09444	8,50	15,32	11,75	0,03658	2,95	5,36
3,75	0,09003	8,04	14,50	12,00	0,03592	2,89	5,25
4,00	0,08602	7,62	13,76	12,25	0,03528	2,84	5,15
4,25	0,08237	7,25	13,09	12,50	0,03466	2,78	5,06
4,50	0,07902	6,91	12,49	12,75	0,03407	2,73	4,96
4,75	0,07594	6,61	11,94	13,00	0,03350	2,68	4,88
5,00	0,07310	6,32	11,44	13,25	0,03294	2,64	4,79
5,25	0,07046	6,07	10,97	13,50	0,03241	2,59	4,71
5,50	0,06801	5,83	10,55	13,75	0,03189	2,55	4,63
5,75	0,06573	5,61	10,15	14,00	0,03138	2,51	4,55
6,00	0,06360	5,40	9,79	14,25	0,03090	2,46	4,48
6,25	0,06161	5,22	9,45	14,50	0,03043	2,42	4,40
6,50	0,05974	5,04	9,13	14,75	0,02997	2,39	4,33
6,75	0,05798	4,87	8,83	15,00	0,02952	2,35	4,27
7,00	0,05633	4,72	8,55	15,25	0,02909	2,31	4,20
7,25	0,05476	4,57	8,29	15,50	0,02867	2,28	4,14
7,50	0,05328	4,44	8,05	15,75	0,02827	2,24	4,07
7,75	0,05189	4,31	7,82	16,00	0,02787	2,21	4,01
8,00	0,05056	4,19	7,60	R = 0,00			

TABELA 1.2

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,43310	58,94	88,21	8,25	0,04942	4,01	7,37
0,25	0,31111	37,89	63,04	8,50	0,04822	3,90	7,17
0,50	0,25545	29,05	50,02	8,75	0,04708	3,80	6,99
0,75	0,21988	23,80	41,73	9,00	0,04598	3,71	6,81
1,00	0,19432	20,25	35,90	9,25	0,04494	3,62	6,65
1,25	0,17475	17,67	31,55	9,50	0,04395	3,53	6,49
1,50	0,15912	15,69	28,16	9,75	0,04299	3,45	6,34
1,75	0,14629	14,12	25,45	10,00	0,04208	3,37	6,19
2,00	0,13552	12,84	23,22	10,25	0,04121	3,29	6,05
2,25	0,12632	11,78	21,36	10,50	0,04037	3,22	5,92
2,50	0,11836	10,89	19,78	10,75	0,03957	3,15	5,80
2,75	0,11139	10,12	18,42	11,00	0,03879	3,09	5,67
3,00	0,10524	9,46	17,24	11,25	0,03805	3,02	5,56
3,25	0,09975	8,88	16,20	11,50	0,03734	2,96	5,45
3,50	0,09483	8,37	15,28	11,75	0,03665	2,90	5,34
3,75	0,09039	7,91	14,46	12,00	0,03599	2,85	5,24
4,00	0,08636	7,50	13,72	12,25	0,03535	2,79	5,14
4,25	0,08268	7,14	13,06	12,50	0,03473	2,74	5,04
4,50	0,07931	6,80	12,45	12,75	0,03413	2,69	4,95
4,75	0,07621	6,50	11,91	13,00	0,03356	2,64	4,86
5,00	0,07335	6,22	11,40	13,25	0,03300	2,60	4,78
5,25	0,07070	5,97	10,94	13,50	0,03246	2,55	4,69
5,50	0,06824	5,74	10,52	13,75	0,03194	2,51	4,61
5,75	0,06594	5,52	10,12	14,00	0,03144	2,47	4,54
6,00	0,06380	5,32	9,76	14,25	0,03095	2,42	4,46
6,25	0,06180	5,13	9,42	14,50	0,03048	2,39	4,39
6,50	0,05992	4,96	9,10	14,75	0,03002	2,35	4,32
6,75	0,05815	4,80	8,81	15,00	0,02957	2,31	4,25
7,00	0,05649	4,64	8,53	15,25	0,02914	2,28	4,19
7,25	0,05491	4,50	8,27	15,50	0,02872	2,24	4,12
7,50	0,05343	4,37	8,02	15,75	0,02831	2,21	4,06
7,75	0,05202	4,24	7,79	16,00	0,02792	2,17	4,00
8,00	0,05069	4,12	7,58	$R = 0,10$			

TABELA 1.3

K_0	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_0	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,43615	58,39	88,15	8,25	0,04954	3,95	7,35
0,25	0,31311	37,42	62,92	8,50	0,04834	3,85	7,16
0,50	0,25701	28,67	49,91	8,75	0,04718	3,75	6,97
0,75	0,22117	23,48	41,63	9,00	0,04609	3,65	6,80
1,00	0,19541	19,97	35,81	9,25	0,04504	3,56	6,63
1,25	0,17568	17,42	31,47	9,50	0,04404	3,48	6,47
1,50	0,15994	15,46	28,09	9,75	0,04309	3,40	6,32
1,75	0,14701	13,92	25,38	10,00	0,04217	3,32	6,18
2,00	0,13616	12,66	23,16	10,25	0,04129	3,24	6,04
2,25	0,12690	11,61	21,31	10,50	0,04045	3,17	5,91
2,50	0,11888	10,73	19,73	10,75	0,03965	3,11	5,78
2,75	0,11187	9,98	18,37	11,00	0,03887	3,04	5,66
3,00	0,10567	9,32	17,19	11,25	0,03813	2,98	5,54
3,25	0,10015	8,75	16,15	11,50	0,03741	2,92	5,43
3,50	0,09520	8,25	15,24	11,75	0,03672	2,86	5,33
3,75	0,09073	7,80	14,42	12,00	0,03605	2,80	5,22
4,00	0,08667	7,40	13,68	12,25	0,03541	2,75	5,12
4,25	0,08297	7,03	13,02	12,50	0,03479	2,70	5,03
4,50	0,07958	6,70	12,42	12,75	0,03420	2,65	4,94
4,75	0,07646	6,41	11,87	13,00	0,03362	2,60	4,85
5,00	0,07359	6,13	11,37	13,25	0,03306	2,56	4,76
5,25	0,07092	5,88	10,91	13,50	0,03252	2,51	4,68
5,50	0,06845	5,65	10,49	13,75	0,03200	2,47	4,60
5,75	0,06614	5,44	10,10	14,00	0,03149	2,43	4,52
6,00	0,06399	5,24	9,73	14,25	0,03100	2,39	4,45
6,25	0,06198	5,06	9,39	14,50	0,03053	2,35	4,38
6,50	0,06009	4,89	9,08	14,75	0,03007	2,31	4,31
6,75	0,05831	4,73	8,78	15,00	0,02962	2,28	4,24
7,00	0,05664	4,58	8,51	15,25	0,02919	2,24	4,18
7,25	0,05506	4,44	8,25	15,50	0,02876	2,21	4,11
7,50	0,05357	4,30	8,00	15,75	0,02836	2,17	4,05
7,75	0,05215	4,18	7,77	16,00	0,02796	2,14	3,99
8,00	0,05082	4,06	7,55	R = 0,20			

TABELA 1.4

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,43903	57,89	88,10	8,25	0,04966	3,90	7,33
0,25	0,31502	36,99	62,82	8,50	0,04844	3,79	7,14
0,50	0,25851	28,31	49,81	8,75	0,04729	3,70	6,95
0,75	0,22240	23,18	41,54	9,00	0,04619	3,60	6,78
1,00	0,19645	19,71	35,73	9,25	0,04514	3,51	6,61
1,25	0,17658	17,19	31,39	9,50	0,04413	3,43	6,45
1,50	0,16072	15,26	28,02	9,75	0,04317	3,35	6,30
1,75	0,14770	13,73	25,32	10,00	0,04226	3,27	6,16
2,00	0,13678	12,49	23,11	10,25	0,04138	3,20	6,02
2,25	0,12745	11,46	21,25	10,50	0,04053	3,13	5,89
2,50	0,11938	10,59	19,68	10,75	0,03972	3,06	5,77
2,75	0,11232	9,84	18,32	11,00	0,03894	3,00	5,64
3,00	0,10609	9,20	17,15	11,25	0,03820	2,94	5,53
3,25	0,10053	8,63	16,11	11,50	0,03748	2,88	5,42
3,50	0,09555	8,14	15,20	11,75	0,03678	2,82	5,31
3,75	0,09105	7,69	14,38	12,00	0,03612	2,77	5,21
4,00	0,08697	7,30	13,65	12,25	0,03547	2,71	5,11
4,25	0,08325	6,94	12,99	12,50	0,03485	2,66	5,02
4,50	0,07984	6,61	12,39	12,75	0,03425	2,62	4,92
4,75	0,07671	6,32	11,84	13,00	0,03367	2,57	4,84
5,00	0,07381	6,05	11,34	13,25	0,03311	2,52	4,75
5,25	0,07113	5,80	10,88	13,50	0,03257	2,48	4,67
5,50	0,06865	5,58	10,46	13,75	0,03205	2,44	4,62
5,75	0,06633	5,36	10,07	14,00	0,03154	2,40	4,51
6,00	0,06417	5,17	9,71	14,25	0,03105	2,36	4,44
6,25	0,06214	4,99	9,37	14,50	0,03057	2,32	4,37
6,50	0,06025	4,82	9,05	14,75	0,03011	2,28	4,30
6,75	0,05846	4,66	8,76	15,00	0,02966	2,25	4,23
7,00	0,05678	4,51	8,48	15,25	0,02923	2,21	4,17
7,25	0,05520	4,38	8,23	15,50	0,02881	2,18	4,10
7,50	0,05370	4,25	7,98	15,75	0,02840	2,15	4,04
7,75	0,05228	4,12	7,75	16,00	0,02800	2,11	3,98
8,00	0,05093	4,01	7,54	R = 0,30			

TABELA 1.5

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,44176	57,44	88,05	8,25	0,04977	3,85	7,31
0,25	0,31684	36,60	62,72	8,50	0,04855	3,75	7,12
0,50	0,25993	27,99	49,72	8,75	0,04739	3,65	6,94
0,75	0,22357	22,91	41,45	9,00	0,04628	3,56	6,76
1,00	0,19744	19,48	35,65	9,25	0,04523	3,47	6,60
1,25	0,17743	16,98	31,32	9,50	0,04422	3,39	6,44
1,50	0,16147	15,07	27,96	9,75	0,04326	3,31	6,29
1,75	0,14836	13,56	25,26	10,00	0,04234	3,23	6,14
2,00	0,13736	12,34	23,05	10,25	0,04145	3,16	6,01
2,25	0,12798	11,32	21,20	10,50	0,04061	3,09	5,88
2,50	0,11986	10,46	19,63	10,75	0,03979	3,02	5,75
2,75	0,11275	9,72	18,28	11,00	0,03901	2,96	5,63
3,00	0,10648	9,08	17,11	11,25	0,03826	2,90	5,52
3,25	0,10089	8,53	16,07	11,50	0,03754	2,84	5,41
3,50	0,09588	8,03	15,16	11,75	0,03685	2,79	5,30
3,75	0,09136	7,60	14,35	12,00	0,03618	2,73	5,20
4,00	0,08725	7,20	13,62	12,25	0,03553	2,68	5,10
4,25	0,08351	6,85	12,96	12,50	0,03491	2,63	5,00
4,50	0,08009	6,53	12,36	12,75	0,03431	2,58	4,91
4,75	0,07694	6,24	11,81	13,00	0,03373	2,54	4,82
5,00	0,07403	5,97	11,32	13,25	0,03316	2,49	4,74
5,25	0,07134	5,73	10,86	13,50	0,03262	2,45	4,66
5,50	0,06884	5,50	10,44	13,75	0,03210	2,41	4,58
5,75	0,06651	5,30	10,05	14,00	0,03159	2,37	4,50
6,00	0,06434	5,10	9,68	14,25	0,03109	2,33	4,43
6,25	0,06231	4,93	9,35	14,50	0,03062	2,29	4,36
6,50	0,06040	4,76	9,03	14,75	0,03015	2,25	4,29
6,75	0,05861	4,60	8,74	15,00	0,02970	2,22	4,22
7,00	0,05692	4,46	8,46	15,25	0,02927	2,18	4,16
7,25	0,05533	4,32	8,21	15,50	0,02885	2,15	4,09
7,50	0,05382	4,19	7,96	15,75	0,02843	2,12	4,03
7,75	0,05240	4,07	7,73	16,00	0,02803	2,09	3,97
8,00	0,05105	3,96	7,52	R = 0,40			

TABELA 1.6

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,44434	57,02	88,01	8,25	0,04987	3,80	7,30
0,25	0,31858	36,24	62,63	8,50	0,04864	3,70	7,10
0,50	0,26129	27,70	49,63	8,75	0,04748	3,61	6,92
0,75	0,22469	22,66	41,37	9,00	0,04637	3,52	6,75
1,00	0,19839	19,26	35,58	9,25	0,04531	3,43	6,58
1,25	0,17825	16,79	31,26	9,50	0,04430	3,35	6,42
1,50	0,16218	14,90	27,90	9,75	0,04334	3,27	6,27
1,75	0,14899	13,41	25,21	10,00	0,04241	3,19	6,13
2,00	0,13793	12,19	23,00	10,25	0,04153	3,12	5,99
2,25	0,12848	11,19	21,16	10,50	0,04068	3,05	5,86
2,50	0,12031	10,34	19,59	10,75	0,03986	2,99	5,74
2,75	0,11317	9,61	18,24	11,00	0,03908	2,93	5,62
3,00	0,10686	8,98	17,07	11,25	0,03833	2,87	5,50
3,25	0,10124	8,43	16,04	11,50	0,03760	2,81	5,39
3,50	0,09620	7,94	15,13	11,75	0,03691	2,75	5,29
3,75	0,09165	7,51	14,31	12,00	0,03623	2,70	5,18
4,00	0,08753	7,12	13,59	12,25	0,03559	2,65	5,09
4,25	0,08377	6,77	12,93	12,50	0,03496	2,60	4,99
4,50	0,08032	6,45	12,33	12,75	0,03436	2,55	4,90
4,75	0,07716	6,17	11,79	13,00	0,03378	2,51	4,81
5,00	0,07423	5,90	11,29	13,25	0,03321	2,46	4,73
5,25	0,07153	5,66	10,83	13,50	0,03267	2,42	4,65
5,50	0,06902	5,44	10,41	13,75	0,03214	2,38	4,57
5,75	0,06668	5,24	10,02	14,00	0,03163	2,34	4,49
6,00	0,06450	5,04	9,66	14,25	0,03114	2,30	4,42
6,25	0,06246	4,87	9,33	14,50	0,03066	2,26	4,35
6,50	0,06054	4,70	9,01	14,75	0,03019	2,23	4,28
6,75	0,05874	4,55	8,72	15,00	0,02974	2,19	4,21
7,00	0,05705	4,41	8,44	15,25	0,02931	2,16	4,15
7,25	0,05545	4,27	8,19	15,50	0,02888	2,12	4,08
7,50	0,05394	4,14	7,94	15,75	0,02847	2,09	4,02
7,75	0,05251	4,02	7,72	16,00	0,02807	2,06	3,96
8,00	0,05115	3,91	7,50	R = 0,50			

TABELA 1.7

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,44679	56,65	87,97	8,25	0,04996	3,76	7,28
0,25	0,32023	35,92	62,54	8,50	0,04874	3,66	7,09
0,50	0,26260	27,43	49,55	8,75	0,04757	3,57	6,91
0,75	0,22576	22,43	41,30	9,00	0,04646	3,48	6,73
1,00	0,19930	19,06	35,51	9,25	0,04540	3,39	6,57
1,25	0,17903	16,61	31,20	9,50	0,04438	3,31	6,41
1,50	0,16287	14,74	27,84	9,75	0,04341	3,23	6,26
1,75	0,14960	13,26	25,16	10,00	0,04248	3,16	6,12
2,00	0,13846	12,06	22,95	10,25	0,04160	3,09	5,98
2,25	0,12896	11,06	21,11	10,50	0,04074	3,02	5,85
2,50	0,12075	10,22	19,55	10,75	0,03993	2,96	5,73
2,75	0,11356	9,50	18,20	11,00	0,03914	2,89	5,61
3,00	0,10722	8,88	17,03	11,25	0,03839	2,83	5,49
3,25	0,10157	8,33	16,00	11,50	0,03766	2,78	5,38
3,50	0,09650	7,85	15,10	11,75	0,03696	2,72	5,28
3,75	0,09193	7,42	14,28	12,00	0,03629	2,67	5,17
4,00	0,08779	7,04	13,56	12,25	0,03564	2,62	5,08
4,25	0,08401	6,70	12,90	12,50	0,03501	2,57	4,98
4,50	0,08055	6,38	12,31	12,75	0,03441	2,52	4,89
4,75	0,07737	6,10	11,76	13,00	0,03382	2,48	4,80
5,00	0,07443	5,84	11,27	13,25	0,03326	2,43	4,72
5,25	0,07171	5,60	10,81	13,50	0,03271	2,39	4,64
5,50	0,06919	5,38	10,39	13,75	0,03219	2,35	4,56
5,75	0,06684	5,18	10,00	14,00	0,03167	2,31	4,48
6,00	0,06465	4,99	9,64	14,25	0,03118	2,27	4,41
6,25	0,06260	4,81	9,31	14,50	0,03070	2,24	4,34
6,50	0,06068	4,65	8,99	14,75	0,03023	2,20	4,27
6,75	0,05887	4,50	8,70	15,00	0,02978	2,17	4,20
7,00	0,05717	4,36	8,43	15,25	0,02934	2,13	4,14
7,25	0,05557	4,22	8,17	15,50	0,02892	2,10	4,07
7,50	0,05405	4,10	7,93	15,75	0,02851	2,07	4,01
7,75	0,05262	3,98	7,70	16,00	0,02810	2,04	3,95
8,00	0,05126	3,87	7,48	R = 0,60			

TABELA 1.8

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,44911	56,30	87,94	8,25	0,05006	3,72	7,27
0,25	0,32182	35,61	62,46	8,50	0,04883	3,62	7,07
0,50	0,26384	27,17	49,47	8,75	0,04765	3,53	6,89
0,75	0,22679	22,21	41,22	9,00	0,04654	3,44	6,72
1,00	0,20017	18,87	35,44	9,25	0,04547	3,36	6,55
1,25	0,17978	16,45	31,14	9,50	0,04446	3,28	6,40
1,50	0,16352	14,59	27,79	9,75	0,04348	3,20	6,25
1,75	0,15017	13,13	25,11	10,00	0,04255	3,13	6,11
2,00	0,13898	11,94	22,91	10,25	0,04166	3,06	5,97
2,25	0,12942	10,95	21,07	10,50	0,04081	2,99	5,84
2,50	0,12116	10,12	19,51	10,75	0,03999	2,93	5,71
2,75	0,11394	9,41	18,17	11,00	0,03920	2,86	5,60
3,00	0,10756	8,79	17,00	11,25	0,03844	2,81	5,48
3,25	0,10188	8,25	15,97	11,50	0,03772	2,75	5,37
3,50	0,09679	7,77	15,07	11,75	0,03701	2,69	5,26
3,75	0,09220	7,35	14,26	12,00	0,03634	2,64	5,16
4,00	0,08803	6,97	13,53	12,25	0,03569	2,59	5,07
4,25	0,08424	6,63	12,88	12,50	0,03506	2,54	4,97
4,50	0,08076	6,32	12,28	12,75	0,03445	2,50	4,88
4,75	0,07757	6,04	11,74	13,00	0,03387	2,45	4,79
5,00	0,07462	5,78	11,24	13,25	0,03330	2,41	4,71
5,25	0,07189	5,54	10,79	13,50	0,03276	2,37	4,63
5,50	0,06936	5,33	10,37	13,75	0,03223	2,33	4,55
5,75	0,06700	5,12	9,98	14,00	0,03171	2,29	4,47
6,00	0,06480	4,94	9,62	14,25	0,03122	2,25	4,40
6,25	0,06274	4,77	9,29	14,50	0,03074	2,21	4,33
6,50	0,06081	4,60	8,97	14,75	0,03027	2,18	4,26
6,75	0,05900	4,45	8,68	15,00	0,02982	2,15	4,19
7,00	0,05729	4,31	8,41	15,25	0,02938	2,11	4,13
7,25	0,05568	4,18	8,15	15,50	0,02895	2,08	4,07
7,50	0,05416	4,06	7,91	15,75	0,02854	2,05	4,01
7,75	0,05272	3,94	7,68	16,00	0,02814	2,02	3,95
8,00	0,05135	3,83	7,47	$R = 0,70$			

TABELA 1.9

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,45131	55,99	87,91	8,25	0,05015	3,69	7,25
0,25	0,32334	35,33	62,39	8,50	0,04891	3,59	7,06
0,50	0,26504	26,94	49,39	8,75	0,04774	3,50	6,88
0,75	0,22778	22,01	41,16	9,00	0,04662	3,41	6,71
1,00	0,20100	18,70	35,38	9,25	0,04555	3,32	6,54
1,25	0,18050	16,29	31,08	9,50	0,04453	3,24	6,39
1,50	0,16415	14,46	27,74	9,75	0,04355	3,17	6,24
1,75	0,15073	13,01	25,06	10,00	0,04262	3,10	6,09
2,00	0,13947	11,83	22,87	10,25	0,04173	3,03	5,96
2,25	0,12987	10,85	21,03	10,50	0,04087	2,96	5,83
2,50	0,12156	10,02	19,47	10,75	0,04005	2,90	5,70
2,75	0,11430	9,32	18,13	11,00	0,03926	2,84	5,58
3,00	0,10789	8,71	16,97	11,25	0,03850	2,78	5,47
3,25	0,10218	8,17	15,94	11,50	0,03777	2,72	5,36
3,50	0,09707	7,70	15,04	11,75	0,03707	2,67	5,25
3,75	0,09245	7,28	14,23	12,00	0,03639	2,62	5,15
4,00	0,08827	6,90	13,50	12,25	0,03574	2,57	5,06
4,25	0,08446	6,56	12,85	12,50	0,03511	2,52	4,96
4,50	0,08097	6,26	12,26	12,75	0,03450	2,47	4,87
4,75	0,07776	5,98	11,72	13,00	0,03391	2,43	4,78
5,00	0,07480	5,72	11,22	13,25	0,03334	2,39	4,70
5,25	0,07206	5,49	10,77	13,50	0,03280	2,35	4,62
5,50	0,06952	5,27	10,35	13,75	0,03227	2,31	4,54
5,75	0,06715	5,08	9,96	14,00	0,03175	2,27	4,46
6,00	0,06494	4,89	9,60	14,25	0,03125	2,23	4,39
6,25	0,06287	4,72	9,27	14,50	0,03077	2,19	4,32
6,50	0,06094	4,56	8,96	14,75	0,03030	2,16	4,25
6,75	0,05912	4,41	8,67	15,00	0,02985	2,12	4,19
7,00	0,05740	4,27	8,39	15,25	0,02941	2,09	4,12
7,25	0,05579	4,14	8,14	15,50	0,02898	2,06	4,06
7,50	0,05426	4,02	7,90	15,75	0,02857	2,03	4,00
7,75	0,05281	3,90	7,67	16,00	0,02817	2,00	3,94
8,00	0,05144	3,79	7,46	R = 0,80			

TABELA 1.10

K_0	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_0	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,45341	55,70	87,89	8,25	0,05023	3,65	7,24
0,25	0,32479	35,07	62,31	8,50	0,04899	3,56	7,05
0,50	0,26619	26,73	49,32	8,75	0,04781	3,46	6,87
0,75	0,22872	21,83	41,09	9,00	0,04669	3,38	6,69
1,00	0,20180	18,54	35,33	9,25	0,04562	3,29	6,53
1,25	0,18119	16,15	31,03	9,50	0,04460	3,22	6,37
1,50	0,16475	14,33	27,69	9,75	0,04362	3,14	6,23
1,75	0,15126	12,89	25,02	10,00	0,04268	3,07	6,08
2,00	0,13994	11,72	22,83	10,25	0,04179	3,00	5,95
2,25	0,13029	10,75	21,00	10,50	0,04093	2,93	5,82
2,50	0,12195	9,93	19,44	10,75	0,04010	2,87	5,69
2,75	0,11465	9,23	18,10	11,00	0,03931	2,81	5,57
3,00	0,10821	8,63	16,94	11,25	0,03855	2,75	5,46
3,25	0,10247	8,10	15,91	11,50	0,03782	2,70	5,35
3,50	0,09733	7,63	15,01	11,75	0,03711	2,64	5,25
3,75	0,09270	7,21	14,20	12,00	0,03644	2,59	5,14
4,00	0,08850	6,84	13,48	12,25	0,03578	2,54	5,05
4,25	0,08467	6,50	12,83	12,50	0,03515	2,50	4,95
4,50	0,08116	6,20	12,24	12,75	0,03454	2,46	4,86
4,75	0,07794	5,92	11,70	13,00	0,03395	2,41	4,78
5,00	0,07497	5,67	11,20	13,25	0,03338	2,36	4,69
5,25	0,07222	5,44	10,75	13,50	0,03283	2,32	4,61
5,50	0,06967	5,23	10,33	13,75	0,03230	2,28	4,53
5,75	0,06729	5,03	9,94	14,00	0,03179	2,25	4,46
6,00	0,06507	4,85	9,59	14,25	0,03129	2,21	4,38
6,25	0,06300	4,68	9,25	14,50	0,03081	2,17	4,31
6,50	0,06106	4,52	8,94	14,75	0,03034	2,14	4,24
6,75	0,05923	4,37	8,65	15,00	0,02988	2,11	4,18
7,00	0,05751	4,23	8,38	15,25	0,02944	2,07	4,11
7,25	0,05589	4,10	8,12	15,50	0,02901	2,04	4,05
7,50	0,05436	3,98	7,88	15,75	0,02860	2,01	3,99
7,75	0,05291	3,87	7,66	16,00	0,02819	1,98	3,93
8,00	0,05153	3,76	7,44	R = 0,90			

TABELA 1.11

K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}	M%	$\Delta\%$
0,00	0,45541	55,43	87,86	8,25	0,05031	3,62	7,23
0,25	0,32618	34,83	62,25	8,50	0,04907	3,53	7,04
0,50	0,26729	26,52	49,26	8,75	0,04789	3,44	6,85
0,75	0,22963	21,66	41,03	9,00	0,04676	3,35	6,68
1,00	0,20257	18,39	35,27	9,25	0,04569	3,27	6,52
1,25	0,18185	16,02	30,98	9,50	0,04466	3,19	6,36
1,50	0,16533	14,21	27,65	9,75	0,04368	3,11	6,21
1,75	0,15177	12,78	24,98	10,00	0,04274	3,04	6,07
2,00	0,14040	11,62	22,79	10,25	0,04184	2,97	5,94
2,25	0,13070	10,66	20,96	10,50	0,04098	2,91	5,81
2,50	0,12231	9,85	19,41	10,75	0,04016	2,85	5,68
2,75	0,11498	9,16	18,07	11,00	0,03936	2,79	5,56
3,00	0,10851	8,55	16,91	11,25	0,03860	2,73	5,45
3,25	0,10275	8,03	15,89	11,50	0,03787	2,67	5,34
3,50	0,09759	7,56	14,99	11,75	0,03716	2,62	5,24
3,75	0,09294	7,15	14,18	12,00	0,03648	2,57	5,14
4,00	0,08872	6,78	13,46	12,25	0,03582	2,52	5,04
4,25	0,08487	6,45	12,81	12,50	0,03519	2,48	4,94
4,50	0,08135	6,15	12,22	12,75	0,03458	2,43	4,85
4,75	0,07812	5,87	11,68	13,00	0,03399	2,39	4,77
5,00	0,07513	5,62	11,18	13,25	0,03342	2,34	4,68
5,25	0,07237	5,39	10,73	13,50	0,03287	2,30	4,60
5,50	0,06981	5,18	10,31	13,75	0,03234	2,26	4,52
5,75	0,06743	4,99	9,93	14,00	0,03182	2,23	4,45
6,00	0,06520	4,81	9,57	14,25	0,03132	2,19	4,38
6,25	0,06312	4,64	9,24	14,50	0,03084	2,15	4,31
6,50	0,06117	4,48	8,93	14,75	0,03037	2,12	4,24
6,75	0,05934	4,33	8,64	15,00	0,02991	2,09	4,17
7,00	0,05761	4,20	8,36	15,25	0,02947	2,05	4,11
7,25	0,05599	4,07	8,11	15,50	0,02904	2,02	4,04
7,50	0,05445	3,95	7,87	15,75	0,02863	1,99	3,98
7,75	0,05300	3,83	7,64	16,00	0,02822	1,96	3,92
8,00	0,05162	3,72	7,43	R = 1,00			

TABELA II.2

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3248	0,6965	76,89	95,61	8,25	0,0468	0,1273	7,34	13,41
0,25	0,2505	0,5431	51,11	76,50	8,50	0,0457	0,1246	7,16	13,08
0,50	0,2116	0,4711	41,00	65,12	8,75	0,0447	0,1220	6,99	12,77
0,75	0,1856	0,4223	34,80	57,11	9,00	0,0437	0,1195	6,83	12,47
1,00	0,1663	0,3854	30,45	51,04	9,25	0,0428	0,1171	6,67	12,19
1,25	0,1512	0,3559	27,17	46,24	9,50	0,0419	0,1148	6,52	11,92
1,50	0,1390	0,3314	24,59	42,33	9,75	0,0410	0,1126	6,38	11,67
1,75	0,1288	0,3107	22,49	39,06	10,00	0,0402	0,1105	6,24	11,42
2,00	0,1201	0,2929	20,75	36,29	10,25	0,0394	0,1084	6,11	11,18
2,25	0,1127	0,2772	19,27	33,90	10,50	0,0386	0,1065	5,99	10,96
2,50	0,1061	0,2634	18,01	31,82	10,75	0,0378	0,1046	5,87	10,74
2,75	0,1004	0,2510	16,90	29,99	11,00	0,0371	0,1028	5,75	10,53
3,00	0,0953	0,2398	15,93	28,36	11,25	0,0365	0,1010	5,64	10,33
3,25	0,0907	0,2297	15,07	26,91	11,50	0,0358	0,0993	5,53	10,13
3,50	0,0865	0,2205	14,30	25,60	11,75	0,0352	0,0977	5,43	9,95
3,75	0,0827	0,2120	13,61	24,41	12,00	0,0345	0,0961	5,33	9,67
4,00	0,0793	0,2042	12,98	23,34	12,25	0,0340	0,0945	5,24	9,59
4,25	0,0761	0,1971	12,41	22,35	12,50	0,0334	0,0931	5,14	9,43
4,50	0,0732	0,1904	11,89	21,35	12,75	0,0328	0,0916	5,05	9,27
4,75	0,0705	0,1842	11,42	20,62	13,00	0,0323	0,0902	4,97	9,11
5,00	0,0680	0,1784	10,98	19,35	13,25	0,0318	0,0889	4,89	8,96
5,25	0,0657	0,1729	10,57	19,14	13,50	0,0313	0,0876	4,81	8,81
5,50	0,0636	0,1679	10,20	18,48	13,75	0,0308	0,0863	4,73	8,67
5,75	0,0616	0,1631	9,85	17,86	14,00	0,0303	0,0850	4,65	8,54
6,00	0,0597	0,1586	9,52	17,29	14,25	0,0299	0,0838	4,58	8,40
6,25	0,0579	0,1543	9,22	16,55	14,50	0,0294	0,0827	4,51	8,28
6,50	0,0562	0,1503	8,93	16,24	14,75	0,0290	0,0815	4,44	8,15
6,75	0,0547	0,1465	8,66	15,76	15,00	0,0286	0,0804	4,37	8,03
7,00	0,0532	0,1429	8,41	15,31	15,25	0,0282	0,0794	4,31	7,91
7,25	0,0518	0,1395	8,17	14,89	15,50	0,0278	0,0783	4,25	7,80
7,50	0,0504	0,1362	7,95	14,49	15,75	0,0274	0,0773	4,19	7,69
7,75	0,0492	0,1331	7,74	14,11	16,00	0,0270	0,0763	4,13	7,58
8,00	0,0480	0,1301	7,54	13,75	$R = 0,10$				

TABELA II.3

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3234	0,6955	76,19	95,61	8,25	0,0468	0,1270	7,24	13,37
0,25	0,2496	0,5422	50,45	76,43	8,50	0,0457	0,1243	7,06	13,04
0,50	0,2109	0,4702	40,44	65,03	8,75	0,0447	0,1217	6,89	12,74
0,75	0,1850	0,4214	34,31	57,01	9,00	0,0437	0,1192	6,73	12,44
1,00	0,1658	0,3845	30,02	50,95	9,25	0,0427	0,1169	6,57	12,16
1,25	0,1508	0,3550	26,78	46,15	9,50	0,0418	0,1146	6,43	11,89
1,50	0,1387	0,3306	24,24	42,24	9,75	0,0410	0,1124	6,29	11,63
1,75	0,1285	0,3100	22,17	38,97	10,00	0,0401	0,1103	6,15	11,39
2,00	0,1199	0,2921	20,45	36,20	10,25	0,0393	0,1082	6,02	11,15
2,25	0,1124	0,2765	18,99	33,82	10,50	0,0386	0,1063	5,90	10,93
2,50	0,1059	0,2627	17,74	31,74	10,75	0,0378	0,1044	5,78	10,71
2,75	0,1002	0,2503	16,65	29,91	11,00	0,0371	0,1026	5,67	10,50
3,00	0,0951	0,2392	15,70	28,29	11,25	0,0364	0,1008	5,56	10,30
3,25	0,0905	0,2291	14,85	26,84	11,50	0,0358	0,0991	5,45	10,11
3,50	0,0863	0,2199	14,09	25,53	11,75	0,0351	0,0975	5,35	9,92
3,75	0,0826	0,2115	13,41	24,35	12,00	0,0345	0,0959	5,25	9,74
4,00	0,0792	0,2038	12,79	23,28	12,25	0,0339	0,0944	5,16	9,57
4,25	0,0760	0,1966	12,23	22,30	12,50	0,0334	0,0929	5,07	9,40
4,50	0,0731	0,1899	11,72	21,40	12,75	0,0328	0,0915	4,98	9,24
4,75	0,0704	0,1837	11,25	20,57	13,00	0,0323	0,0901	4,90	9,09
5,00	0,0680	0,1780	10,82	19,80	13,25	0,0318	0,0887	4,81	8,94
5,25	0,0656	0,1726	10,42	19,09	13,50	0,0313	0,0874	4,73	8,79
5,50	0,0635	0,1675	10,05	18,43	13,75	0,0308	0,0861	4,66	8,65
5,75	0,0615	0,1627	9,70	17,82	14,00	0,0303	0,0849	4,58	8,51
6,00	0,0596	0,1582	9,38	17,24	14,25	0,0298	0,0837	4,51	8,38
6,25	0,0578	0,1540	9,08	16,70	14,50	0,0294	0,0825	4,44	8,25
6,50	0,0562	0,1500	8,80	16,20	14,75	0,0290	0,0814	4,38	8,13
6,75	0,0546	0,1462	8,54	15,72	15,00	0,0286	0,0803	4,31	8,01
7,00	0,0531	0,1426	8,29	15,27	15,25	0,0282	0,0792	4,25	7,89
7,25	0,0517	0,1392	8,05	14,85	15,50	0,0278	0,0782	4,19	7,78
7,50	0,0504	0,1359	7,83	14,45	15,75	0,0274	0,0772	4,13	7,67
7,75	0,0491	0,1328	7,62	14,07	16,00	0,0270	0,0762	4,07	7,56
8,00	0,0479	0,1298	7,43	13,71	$R = 0,20$				

TABELA II.4

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3222	0,6945	75,53	95,61	8,25	0,0467	0,1268	7,14	13,34
0,25	0,2487	0,5411	49,84	76,37	8,50	0,0456	0,1241	6,96	13,01
0,50	0,2102	0,4692	39,93	64,95	8,75	0,0446	0,1215	6,80	12,70
0,75	0,1845	0,4204	33,87	56,92	9,00	0,0436	0,1190	6,64	12,41
1,00	0,1654	0,3836	29,62	50,86	9,25	0,0427	0,1166	6,48	12,13
1,25	0,1504	0,3541	26,43	46,06	9,50	0,0418	0,1144	6,34	11,86
1,50	0,1383	0,3298	23,91	42,15	9,75	0,0409	0,1122	6,20	11,60
1,75	0,1282	0,3092	21,87	38,89	10,00	0,0401	0,1101	6,07	11,36
2,00	0,1196	0,2914	20,18	36,12	10,25	0,0393	0,1080	5,94	11,12
2,25	0,1122	0,2758	18,74	33,74	10,50	0,0385	0,1061	5,82	10,90
2,50	0,1057	0,2620	17,50	31,67	10,75	0,0378	0,1042	5,70	10,68
2,75	0,1000	0,2497	16,43	29,84	11,00	0,0371	0,1024	5,59	10,47
3,00	0,0949	0,2386	15,49	28,22	11,25	0,0364	0,1006	5,48	10,27
3,25	0,0903	0,2286	14,65	26,78	11,50	0,0357	0,0990	5,38	10,08
3,50	0,0862	0,2194	13,90	25,47	11,75	0,0351	0,0973	5,28	9,90
3,75	0,0824	0,2110	13,23	24,29	12,00	0,0345	0,0957	5,18	9,72
4,00	0,0790	0,2033	12,62	23,22	12,25	0,0339	0,0942	5,09	9,54
4,25	0,0759	0,1961	12,07	22,24	12,50	0,0333	0,0927	5,00	9,38
4,50	0,0730	0,1895	11,56	21,34	12,75	0,0328	0,0913	4,91	9,22
4,75	0,0703	0,1833	11,10	20,52	13,00	0,0322	0,0899	4,83	9,06
5,00	0,0679	0,1775	10,67	19,75	13,25	0,0317	0,0886	4,75	8,91
5,25	0,0656	0,1722	10,28	19,04	13,50	0,0312	0,0873	4,67	8,77
5,50	0,0634	0,1671	9,91	18,38	13,75	0,0307	0,0860	4,60	8,63
5,75	0,0614	0,1624	9,57	17,77	14,00	0,0303	0,0848	4,52	8,49
6,00	0,0595	0,1579	9,25	17,20	14,25	0,0298	0,0836	4,45	8,36
6,25	0,0578	0,1537	8,96	16,66	14,50	0,0294	0,0824	4,38	8,23
6,50	0,0561	0,1497	8,68	16,15	14,75	0,0290	0,0813	4,32	8,11
6,75	0,0545	0,1459	8,42	15,68	15,00	0,0285	0,0802	4,25	7,99
7,00	0,0531	0,1423	8,17	15,23	15,25	0,0281	0,0791	4,19	7,87
7,25	0,0517	0,1389	7,94	14,81	15,50	0,0277	0,0781	4,13	7,76
7,50	0,0503	0,1356	7,73	14,41	15,75	0,0274	0,0771	4,07	7,65
7,75	0,0491	0,1325	7,52	14,03	16,00	0,0270	0,0761	4,01	7,54
8,00	0,0479	0,1296	7,32	13,68	R = 0,30				

TABELA II.5

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3209	0,6934	74,92	95,61	8,25	0,0467	0,1265	7,05	13,30
0,25	0,2478	0,5401	49,28	76,30	8,50	0,0456	0,1238	6,87	12,98
0,50	0,2095	0,4682	39,45	64,87	8,75	0,0446	0,1212	6,71	12,67
0,75	0,1839	0,4194	33,45	56,84	9,00	0,0436	0,1186	6,55	12,38
1,00	0,1649	0,3826	29,26	50,77	9,25	0,0426	0,1164	6,40	12,10
1,25	0,1500	0,3532	26,10	45,98	9,50	0,0417	0,1141	6,26	11,83
1,50	0,1379	0,3290	23,62	42,07	9,75	0,0409	0,1119	6,12	11,58
1,75	0,1279	0,3084	21,60	38,81	10,00	0,0400	0,1098	5,99	11,33
2,00	0,1193	0,2906	19,92	36,05	10,25	0,0392	0,1078	5,86	11,10
2,25	0,1119	0,2751	18,50	33,67	10,50	0,0384	0,1059	5,74	10,87
2,50	0,1055	0,2613	17,28	31,60	10,75	0,0377	0,1040	5,63	10,66
2,75	0,0998	0,2490	16,22	29,78	11,00	0,0370	0,1022	5,52	10,45
3,00	0,0947	0,2380	15,29	28,16	11,25	0,0364	0,1005	5,41	10,25
3,25	0,0902	0,2280	14,46	26,72	11,50	0,0357	0,0988	5,31	10,06
3,50	0,0860	0,2181	13,73	25,42	11,75	0,0351	0,0971	5,21	9,87
3,75	0,0823	0,2104	13,06	24,24	12,00	0,0345	0,0956	5,12	9,69
4,00	0,0789	0,2027	12,46	23,17	12,25	0,0339	0,0941	5,02	9,52
4,25	0,0758	0,1956	11,91	22,19	12,50	0,0333	0,0926	4,94	9,36
4,50	0,0729	0,1890	11,42	21,30	12,75	0,0328	0,0911	4,85	9,20
4,75	0,0702	0,1828	10,96	20,47	13,00	0,0322	0,0898	4,77	9,04
5,00	0,0677	0,1771	10,54	19,71	13,25	0,0317	0,0884	4,69	8,89
5,25	0,0655	0,1717	10,15	19,00	13,50	0,0312	0,0871	4,61	8,75
5,50	0,0633	0,1667	9,79	18,34	13,75	0,0307	0,0859	4,54	8,61
5,75	0,0613	0,1620	9,45	17,73	14,00	0,0303	0,0846	4,47	8,47
6,00	0,0594	0,1575	9,14	17,16	14,25	0,0298	0,0834	4,40	8,34
6,25	0,0577	0,1533	8,84	16,62	14,50	0,0294	0,0823	4,33	8,21
6,50	0,0560	0,1493	8,57	16,12	14,75	0,0289	0,0811	4,26	8,09
6,75	0,0545	0,1455	8,31	15,64	15,00	0,0285	0,0801	4,20	7,97
7,00	0,0530	0,1420	8,07	15,20	15,25	0,0281	0,0790	4,14	7,85
7,25	0,0516	0,1386	7,84	14,78	15,50	0,0277	0,0780	4,08	7,74
7,50	0,0503	0,1353	7,63	14,38	15,75	0,0273	0,0769	4,02	7,63
7,75	0,0490	0,1322	7,42	14,00	16,00	0,0270	0,0760	3,96	7,52
8,00	0,0478	0,1293	7,23	13,64	$R = 0,40$				

TABELA II.6

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3196	0,6923	74,34	95,60	8,25	0,0466	0,1262	6,97	13,27
0,25	0,2468	0,5390	48,75	76,24	8,50	0,0455	0,1235	6,79	12,95
0,50	0,2088	0,4671	39,01	64,79	8,75	0,0445	0,1210	6,63	12,64
0,75	0,1833	0,4184	33,07	56,76	9,00	0,0435	0,1185	6,47	12,35
1,00	0,1644	0,3816	28,92	50,69	9,25	0,0426	0,1161	6,33	12,07
1,25	0,1496	0,3523	25,80	45,90	9,50	0,0417	0,1139	6,18	11,81
1,50	0,1376	0,3281	23,34	41,99	9,75	0,0408	0,1117	6,05	11,55
1,75	0,1275	0,3075	21,35	38,74	10,00	0,0400	0,1096	5,92	11,31
2,00	0,1190	0,2898	19,69	35,98	10,25	0,0392	0,1076	5,80	11,07
2,25	0,1117	0,2743	18,29	33,61	10,50	0,0384	0,1057	5,68	10,85
2,50	0,1052	0,2606	17,08	31,54	10,75	0,0377	0,1038	5,56	10,63
2,75	0,0996	0,2484	16,03	29,72	11,00	0,0370	0,1020	5,45	10,43
3,00	0,0945	0,2373	15,11	28,10	11,25	0,0363	0,1003	5,35	10,23
3,25	0,0900	0,2273	14,29	26,66	11,50	0,0357	0,0986	5,25	10,03
3,50	0,0859	0,2182	13,56	25,36	11,75	0,0350	0,0970	5,15	9,85
3,75	0,0821	0,2099	12,91	24,19	12,00	0,0344	0,0954	5,06	9,67
4,00	0,0787	0,2022	12,31	23,12	12,25	0,0338	0,0939	4,96	9,50
4,25	0,0756	0,1951	11,77	22,14	12,50	0,0333	0,0924	4,88	9,33
4,50	0,0728	0,1885	11,28	21,25	12,75	0,0327	0,0910	4,79	9,17
4,75	0,0701	0,1824	10,83	20,43	13,00	0,0322	0,0896	4,71	9,02
5,00	0,0676	0,1766	10,41	19,66	13,25	0,0317	0,0883	4,63	8,87
5,25	0,0654	0,1713	10,03	18,96	13,50	0,0312	0,0870	4,56	8,73
5,50	0,0632	0,1663	9,67	18,30	13,75	0,0307	0,0857	4,48	8,59
5,75	0,0612	0,1616	9,34	17,69	14,00	0,0302	0,0845	4,41	8,45
6,00	0,0594	0,1571	9,03	17,12	14,25	0,0298	0,0833	4,34	8,32
6,25	0,0576	0,1529	8,74	16,58	14,50	0,0293	0,0821	4,28	8,19
6,50	0,0559	0,1489	8,47	16,08	14,75	0,0289	0,0810	4,21	8,07
6,75	0,0544	0,1452	8,22	15,61	15,00	0,0285	0,0800	4,15	7,95
7,00	0,0529	0,1416	7,98	15,16	15,25	0,0281	0,0789	4,09	7,83
7,25	0,0515	0,1382	7,75	14,74	15,50	0,0277	0,0778	4,03	7,72
7,50	0,0502	0,1350	7,54	14,35	15,75	0,0273	0,0768	3,97	7,61
7,75	0,0490	0,1319	7,34	13,97	16,00	0,0270	0,0758	3,92	7,51
8,00	0,0478	0,1290	7,15	13,61	R = 0,50				

TABELA II.7

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3182	0,6910	73,80	95,60	8,25	0,0466	0,1259	6,89	13,25
0,25	0,2458	0,5378	48,27	76,19	8,50	0,0455	0,1232	6,72	12,92
0,50	0,2080	0,4659	38,60	64,72	8,75	0,0445	0,1207	6,56	12,62
0,75	0,1826	0,4173	32,72	56,68	9,00	0,0435	0,1182	6,40	12,33
1,00	0,1638	0,3806	28,61	50,61	9,25	0,0425	0,1159	6,26	12,05
1,25	0,1491	0,3513	25,52	45,82	9,50	0,0416	0,1136	6,12	11,78
1,50	0,1372	0,3271	23,09	41,92	9,75	0,0408	0,1115	5,98	11,53
1,75	0,1272	0,3086	21,11	38,67	10,00	0,0400	0,1094	5,85	11,28
2,00	0,1187	0,2890	19,47	35,92	10,25	0,0392	0,1074	5,73	11,05
2,25	0,1114	0,2735	18,09	33,54	10,50	0,0384	0,1054	5,61	10,82
2,50	0,1050	0,2599	16,89	31,48	10,75	0,0377	0,1036	5,50	10,61
2,75	0,0993	0,2476	15,86	29,66	11,00	0,0370	0,1018	5,39	10,40
3,00	0,0943	0,2366	14,94	28,05	11,25	0,0363	0,1001	5,29	10,20
3,25	0,0898	0,2267	14,14	26,61	11,50	0,0356	0,0984	5,19	10,01
3,50	0,0857	0,2176	13,41	25,31	11,75	0,0350	0,0968	5,09	9,83
3,75	0,0820	0,2093	12,77	24,14	12,00	0,0344	0,0952	5,00	9,65
4,00	0,0786	0,2016	12,18	23,07	12,25	0,0338	0,0937	4,91	9,48
4,25	0,0755	0,1945	11,64	22,10	12,50	0,0332	0,0922	4,82	9,31
4,50	0,0726	0,1880	11,16	21,21	12,75	0,0327	0,0908	4,74	9,16
4,75	0,0700	0,1819	10,71	20,38	13,00	0,0322	0,0894	4,66	9,00
5,00	0,0675	0,1762	10,30	19,62	13,25	0,0317	0,0881	4,58	8,55
5,25	0,0652	0,1708	9,92	18,92	13,50	0,0312	0,0868	4,51	8,71
5,50	0,0631	0,1658	9,56	18,26	13,75	0,0307	0,0855	4,43	8,57
5,75	0,0611	0,1611	9,24	17,65	14,00	0,0302	0,0843	4,36	8,43
6,00	0,0593	0,1567	8,93	17,08	14,25	0,0298	0,0831	4,30	8,30
6,25	0,0575	0,1525	8,64	16,55	14,50	0,0293	0,0820	4,23	8,18
6,50	0,0559	0,1486	8,38	16,05	14,75	0,0289	0,0809	4,17	8,05
6,75	0,0543	0,1448	8,13	15,58	15,00	0,0285	0,0798	4,10	7,93
7,00	0,0528	0,1413	7,89	15,13	15,25	0,0281	0,0787	4,04	7,82
7,25	0,0515	0,1379	7,67	14,71	15,50	0,0277	0,0777	3,98	7,71
7,50	0,0501	0,1347	7,46	14,32	15,75	0,0273	0,0767	3,93	7,60
7,75	0,0489	0,1316	7,26	13,94	16,00	0,0269	0,0757	3,87	7,49
8,00	0,0477	0,1287	7,07	13,58	R = 0,60				

TABELA II.8

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3168	0,6898	73,28	95,59	8,25	0,0465	0,1256	6,82	13,22
0,25	0,2448	0,5366	47,81	76,13	8,50	0,0454	0,1229	6,65	12,90
0,50	0,2072	0,4647	38,22	64,65	8,75	0,0444	0,1204	6,49	12,59
0,75	0,1820	0,4161	32,39	56,61	9,00	0,0434	0,1180	6,34	12,30
1,00	0,1633	0,3795	28,31	50,54	9,25	0,0425	0,1156	6,19	12,02
1,25	0,1487	0,3503	25,25	45,75	9,50	0,0416	0,1134	6,05	11,76
1,50	0,1368	0,3262	22,85	41,85	9,75	0,0407	0,1112	5,92	11,50
1,75	0,1268	0,3057	20,90	38,61	10,00	0,0399	0,1091	5,79	11,26
2,00	0,1184	0,2881	19,27	35,85	10,25	0,0391	0,1071	5,67	11,03
2,25	0,1111	0,2727	17,90	33,48	10,50	0,0384	0,1052	5,56	10,80
2,50	0,1047	0,2591	16,72	31,42	10,75	0,0376	0,1034	5,44	10,59
2,75	0,0991	0,2469	15,69	29,61	11,00	0,0369	0,1016	5,34	10,38
3,00	0,0941	0,2359	14,79	28,00	11,25	0,0363	0,0998	5,23	10,18
3,25	0,0896	0,2260	13,99	26,56	11,50	0,0356	0,0982	5,14	9,99
3,50	0,0855	0,2170	13,28	25,26	11,75	0,0350	0,0966	5,04	9,81
3,75	0,0818	0,2087	12,63	24,09	12,00	0,0344	0,0950	4,95	9,63
4,00	0,0784	0,2010	12,05	23,03	12,25	0,0338	0,0935	4,86	9,46
4,25	0,0753	0,1940	11,52	22,06	12,50	0,0332	0,0920	4,77	9,30
4,50	0,0725	0,1874	11,04	21,17	12,75	0,0327	0,0906	4,69	9,14
4,75	0,0699	0,1814	10,60	20,34	13,00	0,0321	0,0893	4,61	8,98
5,00	0,0674	0,1757	10,19	19,59	13,25	0,0316	0,0879	4,54	8,83
5,25	0,0651	0,1704	9,82	18,88	13,50	0,0311	0,0866	4,46	8,69
5,50	0,0630	0,1654	9,47	18,23	13,75	0,0306	0,0854	4,39	8,55
5,75	0,0610	0,1607	9,14	17,62	14,00	0,0302	0,0842	4,32	8,42
6,00	0,0592	0,1563	8,84	17,05	14,25	0,0297	0,0830	4,25	8,29
6,25	0,0574	0,1521	8,56	16,52	14,50	0,0293	0,0818	4,19	8,16
6,50	0,0558	0,1482	8,29	16,02	14,75	0,0289	0,0807	4,12	8,04
6,75	0,0542	0,1445	8,04	15,55	15,00	0,0285	0,0796	4,06	7,92
7,00	0,0528	0,1409	7,81	15,10	15,25	0,0281	0,0786	4,00	7,80
7,25	0,0514	0,1375	7,59	14,68	15,50	0,0277	0,0775	3,94	7,69
7,50	0,0501	0,1343	7,38	14,29	15,75	0,0273	0,0765	3,89	7,58
7,75	0,0488	0,1313	7,18	13,91	16,00	0,0269	0,0756	3,83	7,47
8,00	0,0476	0,1284	7,00	13,56	$R = 0,70$				

TABELA II.9

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3153	0,6884	72,78	95,59	8,25	0,0465	0,1253	6,75	13,20
0,25	0,2437	0,5353	47,38	76,08	8,50	0,0454	0,1226	6,59	12,87
0,50	0,2064	0,4635	37,86	64,58	8,75	0,0444	0,1201	6,43	12,57
0,75	0,1813	0,4149	32,08	56,54	9,00	0,0434	0,1177	6,28	12,28
1,00	0,1627	0,3784	28,04	50,47	9,25	0,0424	0,1153	6,13	12,00
1,25	0,1482	0,3492	25,01	45,69	9,50	0,0415	0,1131	6,00	11,74
1,50	0,1363	0,3251	22,63	41,79	9,75	0,0407	0,1110	5,86	11,48
1,75	0,1265	0,3048	20,69	38,55	10,00	0,0399	0,1089	5,74	11,24
2,00	0,1181	0,2872	19,09	35,79	10,25	0,0391	0,1069	5,62	11,01
2,25	0,1108	0,2718	17,73	33,43	10,50	0,0383	0,1050	5,50	10,78
2,50	0,1045	0,2583	16,56	31,37	10,75	0,0376	0,1031	5,39	10,57
2,75	0,0989	0,2461	15,54	29,55	11,00	0,0369	0,1013	5,29	10,36
3,00	0,0939	0,2352	14,65	27,95	11,25	0,0362	0,0996	5,18	10,16
3,25	0,0894	0,2253	13,86	26,51	11,50	0,0356	0,0980	5,09	9,97
3,50	0,0853	0,2163	13,15	25,22	11,75	0,0349	0,0964	4,99	9,79
3,75	0,0817	0,2080	12,51	24,05	12,00	0,0343	0,0948	4,90	9,61
4,00	0,0783	0,2004	11,94	22,99	12,25	0,0337	0,0933	4,81	9,44
4,25	0,0752	0,1934	11,41	22,02	12,50	0,0332	0,0918	4,73	9,28
4,50	0,0723	0,1869	10,94	21,13	12,75	0,0326	0,0904	4,65	9,12
4,75	0,0697	0,1808	10,50	20,31	13,00	0,0321	0,0891	4,57	8,97
5,00	0,0673	0,1752	10,09	19,55	13,25	0,0316	0,0877	4,49	8,82
5,25	0,0650	0,1699	9,72	18,85	13,50	0,0311	0,0865	4,42	8,67
5,50	0,0629	0,1649	9,37	18,19	13,75	0,0306	0,0852	4,35	8,54
5,75	0,0609	0,1603	9,05	17,59	14,00	0,0302	0,0840	4,28	8,40
6,00	0,0591	0,1559	8,75	17,02	14,25	0,0297	0,0828	4,21	8,27
6,25	0,0573	0,1517	8,47	16,49	14,50	0,0293	0,0817	4,15	8,14
6,50	0,0557	0,1478	8,21	15,99	14,75	0,0288	0,0806	4,08	8,02
6,75	0,0542	0,1441	7,96	15,52	15,00	0,0284	0,0795	4,02	7,90
7,00	0,0527	0,1405	7,73	15,07	15,25	0,0280	0,0784	3,96	7,79
7,25	0,0513	0,1372	7,51	14,66	15,50	0,0276	0,0774	3,91	7,68
7,50	0,0500	0,1340	7,31	14,26	15,75	0,0273	0,0764	3,85	7,57
7,75	0,0488	0,0476	7,11	13,89	16,00	0,0269	0,0754	3,80	7,46
8,00	0,0465	0,1253	6,93	13,53	R = 0,8				

TABELA II.10

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3138	0,6870	72,31	95,58	8,25	0,0464	0,1250	6,69	13,17
0,25	0,2426	0,5340	46,97	76,03	8,50	0,0453	0,1223	6,53	12,85
0,50	0,2055	0,4622	37,52	64,52	8,75	0,0443	0,1198	6,37	12,55
0,75	0,1806	0,4137	31,79	56,47	9,00	0,0433	0,1174	6,22	12,26
1,00	0,1621	0,3772	27,79	50,41	9,25	0,0424	0,1151	6,08	11,98
1,25	0,1477	0,3481	24,78	45,62	9,50	0,0415	0,1128	5,94	11,71
1,50	0,1359	0,3241	22,42	41,73	9,75	0,0406	0,1107	5,81	11,46
1,75	0,1261	0,3037	20,51	38,49	10,00	0,0398	0,1086	5,69	11,22
2,00	0,1177	0,2863	18,91	35,74	10,25	0,0390	0,1066	5,57	10,99
2,25	0,1105	0,2709	17,56	33,37	10,50	0,0383	0,1047	5,45	10,76
2,50	0,1042	0,2574	16,41	31,32	10,75	0,0376	0,1029	5,34	10,55
2,75	0,0986	0,2453	15,40	29,51	11,00	0,0369	0,1011	5,24	10,34
3,00	0,0936	0,2344	14,51	27,90	11,25	0,0362	0,0994	5,14	10,15
3,25	0,0892	0,2246	13,73	26,47	11,50	0,0355	0,0977	5,04	9,96
3,50	0,0851	0,2156	13,03	25,18	11,75	0,0349	0,0961	4,95	9,77
3,75	0,0815	0,2074	12,40	24,01	12,00	0,0343	0,0946	4,86	9,60
4,00	0,0782	0,1998	11,83	22,95	12,25	0,0337	0,0931	4,77	9,43
4,25	0,0750	0,1928	11,31	21,98	12,50	0,0331	0,0916	4,69	9,26
4,50	0,0722	0,1863	10,84	21,09	12,75	0,0326	0,0902	4,60	9,10
4,75	0,0696	0,1803	10,40	20,27	13,00	0,0321	0,0889	4,53	8,95
5,00	0,0672	0,1746	10,00	19,52	13,25	0,0316	0,0876	4,45	8,80
5,25	0,0649	0,1694	9,63	18,81	13,50	0,0311	0,0863	4,38	8,66
5,50	0,0628	0,1644	9,29	18,16	13,75	0,0306	0,0850	4,31	8,52
5,75	0,0608	0,1598	8,97	17,56	14,00	0,0301	0,0838	4,24	8,39
6,00	0,0590	0,1554	8,67	16,99	14,25	0,0297	0,0826	4,17	8,26
6,25	0,0572	0,1513	8,40	16,46	14,50	0,0292	0,0815	4,11	8,13
6,50	0,0556	0,1474	8,14	15,96	14,75	0,0288	0,0804	4,05	8,01
6,75	0,0541	0,1437	7,89	15,49	15,00	0,0284	0,0793	3,99	7,89
7,00	0,0526	0,1401	7,66	15,05	15,25	0,0280	0,0783	3,93	7,77
7,25	0,0512	0,1368	7,45	14,63	15,50	0,0276	0,0772	3,87	7,66
7,50	0,0500	0,1336	7,24	14,24	15,75	0,0272	0,0762	3,81	7,55
7,75	0,0487	0,1306	7,05	13,86	16,00	0,0269	0,0753	3,76	7,45
8,00	0,0475	0,1277	6,86	13,51	R = 0,90				

TABELA II.11

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$	K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	M%	$\Delta\%$
0,00	0,3122	0,6855	71,84	95,57	8,25	0,0463	0,1246	6,63	13,15
0,25	0,2414	0,5325	46,58	75,98	8,50	0,0453	0,1220	6,47	12,83
0,50	0,2046	0,4608	37,20	64,46	8,75	0,0442	0,1195	6,31	12,53
0,75	0,1799	0,4124	31,52	56,41	9,00	0,0433	0,1171	6,17	12,24
1,00	0,1615	0,3759	27,55	50,35	9,25	0,0423	0,1147	6,02	11,96
1,25	0,1471	0,3469	24,57	45,56	9,50	0,0414	0,1125	5,89	11,69
1,50	0,1355	0,3230	22,23	41,67	9,75	0,0406	0,1104	5,76	11,44
1,75	0,1257	0,3027	20,33	38,43	10,00	0,0398	0,1083	5,64	11,20
2,00	0,1174	0,2853	18,75	35,69	10,25	0,0390	0,1064	5,52	10,97
2,25	0,1102	0,2700	17,41	33,32	10,50	0,0382	0,1045	5,41	10,75
2,50	0,1039	0,2565	16,26	31,27	10,75	0,0375	0,1026	5,30	10,53
2,75	0,0984	0,2445	15,27	29,46	11,00	0,0368	0,1009	5,19	10,33
3,00	0,0934	0,2336	14,39	27,86	11,25	0,0361	0,0992	5,09	10,13
3,25	0,0890	0,2238	13,61	26,42	11,50	0,0355	0,0975	5,00	9,94
3,50	0,0849	0,2149	12,92	25,14	11,75	0,0349	0,0959	4,90	9,76
3,75	0,0813	0,2067	12,29	23,97	12,00	0,0343	0,0944	4,81	9,58
4,00	0,0780	0,1991	11,73	22,91	12,25	0,0337	0,0929	4,73	9,41
4,25	0,0749	0,1922	11,21	21,94	12,50	0,0331	0,0914	4,65	9,25
4,50	0,0721	0,1857	10,74	21,06	12,75	0,0325	0,0900	4,56	9,09
4,75	0,0695	0,1797	10,31	20,24	13,00	0,0320	0,0887	4,49	8,93
5,00	0,0670	0,1741	9,92	19,48	13,25	0,0315	0,0874	4,41	8,79
5,25	0,0648	0,1688	9,55	18,78	13,50	0,0310	0,0861	4,34	8,64
5,50	0,0627	0,1639	9,21	18,13	13,75	0,0306	0,0848	4,27	8,51
5,75	0,0607	0,1593	8,89	17,53	14,00	0,0301	0,0836	4,20	8,37
6,00	0,0589	0,1549	8,60	16,96	14,25	0,0296	0,0825	4,14	8,24
6,25	0,0571	0,1508	8,32	16,43	14,50	0,0292	0,0813	4,07	8,12
6,50	0,0555	0,1469	8,07	15,93	14,75	0,0288	0,0802	4,01	7,99
6,75	0,0540	0,1432	7,82	15,46	15,00	0,0284	0,0792	3,95	7,87
7,00	0,0525	0,1397	7,60	15,02	15,25	0,0280	0,0781	3,89	7,76
7,25	0,0512	0,1364	7,38	14,61	15,50	0,0276	0,0771	3,84	7,65
7,50	0,0499	0,1333	7,18	14,21	15,75	0,0272	0,0761	3,78	7,54
7,75	0,0486	0,1302	6,99	13,84	16,00	0,0268	0,0751	3,73	7,43
8,00	0,0474	0,1274	6,81	13,49	R = 1,00				

TABELA III.1

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2260	0,5089	0,7597	82,15	97,81
0,25	0,1821	0,4112	0,6027	57,25	82,75
0,50	0,1581	0,3632	0,5307	47,52	73,01
0,75	0,1415	0,3298	0,4820	41,38	65,76
1,00	0,1290	0,3042	0,4451	36,94	60,03
1,25	0,1190	0,2835	0,4154	33,51	55,34
1,50	0,1107	0,2661	0,3907	30,75	51,41
1,75	0,1037	0,2513	0,3696	28,47	48,05
2,00	0,0977	0,2384	0,3512	26,54	45,13
2,25	0,0924	0,2270	0,3351	24,87	42,58
2,50	0,0877	0,2168	0,3207	23,42	40,31
2,75	0,0836	0,2077	0,3077	22,15	38,29
3,00	0,0798	0,1994	0,2959	21,01	36,47
3,25	0,0764	0,1918	0,2852	19,99	34,83
3,50	0,0733	0,1849	0,2754	19,08	33,33
3,75	0,0705	0,1785	0,2663	18,24	31,97
4,00	0,0679	0,1726	0,2579	17,48	30,71
4,25	0,0655	0,1671	0,2501	16,79	29,55
4,50	0,0633	0,1620	0,2428	16,15	28,48
4,75	0,0612	0,1572	0,2360	15,56	27,49
5,00	0,0593	0,1528	0,2296	15,01	26,57
5,25	0,0575	0,1486	0,2236	14,50	25,70
5,50	0,0558	0,1446	0,2180	14,03	24,90
5,75	0,0542	0,1409	0,2126	13,59	24,14
6,00	0,0527	0,1373	0,2075	13,17	23,43
6,25	0,0512	0,1340	0,2027	12,78	22,76
6,50	0,0500	0,1308	0,1982	12,42	22,13
6,75	0,0486	0,1278	0,1938	12,07	21,53
7,00	0,0474	0,1249	0,1897	11,74	20,97
7,25	0,0463	0,1222	0,1857	11,44	20,43
7,50	0,0452	0,1196	0,1820	11,14	19,93
7,75	0,0442	0,1171	0,1784	10,87	19,44
8,00	0,0432	0,1147	0,1749	10,60	18,98
$R = 0,00$					

TABELA III.1a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0422	0,1124	0,1718	10,35	18,55
8,50	0,0413	0,1102	0,1684	10,11	18,13
8,75	0,0405	0,1081	0,1653	9,88	17,73
9,00	0,0397	0,1061	0,1624	9,67	17,35
9,25	0,0389	0,1041	0,1596	9,46	16,98
9,50	0,0381	0,1023	0,1569	9,26	16,63
9,75	0,0374	0,1005	0,1542	9,07	16,29
10,00	0,0367	0,0987	0,1517	8,89	15,97
10,25	0,0360	0,0971	0,1492	8,71	15,66
10,50	0,0353	0,0954	0,1469	8,54	15,36
10,75	0,0347	0,0939	0,1446	8,38	15,08
11,00	0,0341	0,0924	0,1424	8,22	14,80
11,25	0,0335	0,0909	0,1402	8,07	14,54
11,50	0,0330	0,0895	0,1382	7,93	14,28
11,75	0,0324	0,0881	0,1362	7,79	14,03
12,00	0,0319	0,0868	0,1342	7,65	13,79
12,25	0,0314	0,0855	0,1323	7,52	13,56
12,50	0,0309	0,0843	0,1305	7,40	13,34
12,75	0,0304	0,0831	0,1287	7,28	13,12
13,00	0,0299	0,0819	0,1270	7,16	12,91
13,25	0,0295	0,0808	0,1253	7,05	12,71
13,50	0,0291	0,0796	0,1236	6,94	12,51
13,75	0,0286	0,0786	0,1220	6,83	12,32
14,00	0,0282	0,0775	0,1205	6,73	12,14
14,25	0,0278	0,0765	0,1190	6,62	11,96
14,50	0,0274	0,0755	0,1175	6,53	11,79
14,75	0,0271	0,0745	0,1161	6,43	11,62
15,00	0,0267	0,0736	0,1147	6,34	11,46
15,25	0,0263	0,0727	0,1133	6,25	11,30
15,50	0,0260	0,0718	0,1120	6,17	11,14
15,75	0,0256	0,0709	0,1107	6,08	10,99
16,00	0,0253	0,0701	0,1094	6,00	10,84
R = 0,00 (continuação)					

TABELA III.2

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2281	0,5122	0,7624	81,75	97,80
0,25	0,1838	0,4141	0,6054	56,65	82,67
0,50	0,1594	0,3656	0,5333	46,95	72,91
0,75	0,1426	0,3320	0,4845	40,85	65,65
1,00	0,1298	0,3062	0,4475	36,45	59,91
1,25	0,1197	0,2853	0,4177	33,05	55,23
1,50	0,1113	0,2678	0,3929	30,32	51,29
1,75	0,1043	0,2529	0,3717	28,06	47,94
2,00	0,0982	0,2398	0,3532	26,15	45,02
2,25	0,0928	0,2283	0,3370	24,51	42,47
2,50	0,0881	0,2181	0,3225	23,08	40,21
2,75	0,0839	0,2089	0,3095	21,82	38,19
3,00	0,0802	0,2005	0,2977	20,70	36,38
3,25	0,0767	0,1929	0,2869	19,69	34,74
3,50	0,0736	0,1859	0,2770	18,79	33,25
3,75	0,0708	0,1795	0,2678	17,97	31,88
4,00	0,0681	0,1736	0,2594	17,22	30,63
4,25	0,0657	0,1680	0,2515	16,53	29,47
4,50	0,0635	0,1629	0,2442	15,90	28,41
4,75	0,0614	0,1581	0,2374	15,32	27,41
5,00	0,0595	0,1536	0,2309	14,78	26,49
5,25	0,0576	0,1493	0,2249	14,28	25,63
5,50	0,0559	0,1453	0,2192	13,81	24,83
5,75	0,0543	0,1416	0,2138	13,38	24,07
6,00	0,0528	0,1380	0,2087	12,97	23,36
6,25	0,0514	0,1346	0,2038	12,58	22,70
6,50	0,0500	0,1314	0,1993	12,22	22,07
6,75	0,0488	0,1274	0,1949	11,88	21,47
7,00	0,0476	0,1255	0,1907	11,56	20,91
7,25	0,0464	0,1228	0,1867	11,26	20,38
7,50	0,0453	0,1201	0,1829	10,97	19,87
7,75	0,0443	0,1176	0,1793	10,70	19,29
8,00	0,0433	0,1152	0,1758	10,44	18,93
$R = 0,10$					

TABELA III.2a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0423	0,1129	0,1725	10,19	18,49
8,50	0,0414	0,1107	0,1693	9,95	18,08
8,75	0,0406	0,1086	0,1662	9,73	17,68
9,00	0,0397	0,1065	0,1632	9,52	17,30
9,25	0,0389	0,1046	0,1604	9,31	16,93
9,50	0,0382	0,1027	0,1576	9,11	16,58
9,75	0,0374	0,1009	0,1550	8,93	16,25
10,00	0,0367	0,0991	0,1524	8,75	15,93
10,25	0,0361	0,0974	0,1500	8,57	15,62
10,50	0,0354	0,0958	0,1475	8,41	15,32
10,75	0,0348	0,0942	0,1453	8,25	15,03
11,00	0,0342	0,0927	0,1431	8,09	14,76
11,25	0,0336	0,0913	0,1409	7,95	14,49
11,50	0,0330	0,0898	0,1388	7,80	14,24
11,75	0,0325	0,0885	0,1368	7,67	13,99
12,00	0,0319	0,0871	0,1348	7,53	13,75
12,25	0,0314	0,0858	0,1329	7,41	13,52
12,50	0,0309	0,0846	0,1311	7,28	13,30
12,75	0,0305	0,0834	0,1293	7,16	13,08
13,00	0,0300	0,0822	0,1275	7,05	12,88
13,25	0,0295	0,0810	0,1258	6,93	12,67
13,50	0,0291	0,0799	0,1242	6,83	12,48
13,75	0,0287	0,0788	0,1226	6,72	12,29
14,00	0,0283	0,0778	0,1210	6,62	12,11
14,25	0,0279	0,0768	0,1195	6,52	11,93
14,50	0,0275	0,0758	0,1180	6,42	11,75
14,75	0,0271	0,0748	0,1166	6,33	11,59
15,00	0,0267	0,0738	0,1152	6,24	11,42
15,25	0,0264	0,0729	0,1138	6,15	11,26
15,50	0,0260	0,0720	0,1125	6,07	11,11
15,75	0,0257	0,0711	0,1112	5,99	10,96
16,00	0,0254	0,0703	0,1099	5,90	10,81
R = 0,10 (continuação)					

TABELA III.3

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2301	0,5153	0,7649	81,39	97,79
0,25	0,1853	0,4167	0,6079	56,11	82,60
0,50	0,1605	0,3680	0,5358	46,44	72,81
0,75	0,1435	0,3341	0,4869	40,36	65,54
1,00	0,1306	0,3081	0,4497	36,00	59,81
1,25	0,1204	0,2871	0,4198	32,63	55,12
1,50	0,1119	0,2694	0,3949	29,93	51,19
1,75	0,1048	0,2544	0,3737	27,69	47,83
2,00	0,0986	0,2412	0,3551	25,80	44,93
2,25	0,0933	0,2297	0,3388	24,18	42,38
2,50	0,0885	0,2193	0,3243	22,76	40,12
2,75	0,0843	0,2100	0,3112	21,52	38,10
3,00	0,0805	0,2016	0,2993	20,41	36,29
3,25	0,0770	0,1940	0,2884	19,42	34,65
3,50	0,0739	0,1869	0,2785	18,53	33,16
3,75	0,0710	0,1804	0,2693	17,72	31,80
4,00	0,0684	0,1745	0,2608	16,98	30,55
4,25	0,0659	0,1689	0,2529	16,30	29,40
4,50	0,0637	0,1637	0,2455	15,68	28,33
4,75	0,0616	0,1589	0,2386	15,10	27,34
5,00	0,0596	0,1543	0,2322	14,57	26,42
5,25	0,0578	0,1500	0,2261	14,08	25,57
5,50	0,0561	0,1460	0,2203	13,62	24,76
5,75	0,0545	0,1422	0,2149	13,19	24,01
6,00	0,0530	0,1387	0,2098	12,78	23,30
6,25	0,0515	0,1353	0,2049	12,40	22,64
6,50	0,0502	0,1320	0,2003	12,05	22,01
6,75	0,0489	0,1290	0,1959	11,71	21,42
7,00	0,0477	0,1261	0,1917	11,40	20,85
7,25	0,0465	0,1233	0,1877	11,10	20,32
7,50	0,0454	0,1206	0,1839	10,81	19,82
7,75	0,0444	0,1181	0,1802	10,54	19,34
8,00	0,0434	0,1157	0,1767	10,29	18,88

R = 0,20

TABELA III.3a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0424	0,1134	0,1733	10,04	18,44
8,50	0,0415	0,1111	0,1701	9,81	18,03
8,75	0,0407	0,1090	0,1670	9,59	17,63
9,00	0,0398	0,1070	0,1640	9,38	17,25
9,25	0,0390	0,1050	0,1612	9,18	16,89
9,50	0,0383	0,1031	0,1584	8,98	16,54
9,75	0,0375	0,1013	0,1557	8,80	16,20
10,00	0,0368	0,0995	0,1532	8,62	15,88
10,25	0,0361	0,0978	0,1507	8,45	15,58
10,50	0,0355	0,0962	0,1483	8,29	15,28
10,75	0,0348	0,0946	0,1460	8,13	14,99
11,00	0,0342	0,0931	0,1437	7,98	14,72
11,25	0,0336	0,0916	0,1415	7,83	14,45
11,50	0,0331	0,0902	0,1395	7,69	14,20
11,75	0,0325	0,0888	0,1374	7,55	13,95
12,00	0,0320	0,0874	0,1354	7,42	13,72
12,25	0,0315	0,0861	0,1335	7,30	13,49
12,50	0,0309	0,0848	0,1317	7,18	13,26
12,75	0,0305	0,0837	0,1299	7,06	13,05
13,00	0,0300	0,0825	0,1281	6,94	12,84
13,25	0,0295	0,0813	0,1264	6,83	12,64
13,50	0,0291	0,0802	0,1247	6,73	12,44
13,75	0,0287	0,0791	0,1231	6,62	12,26
14,00	0,0283	0,0780	0,1215	6,52	12,07
14,25	0,0279	0,0770	0,1200	6,43	11,89
14,50	0,0275	0,0760	0,1185	6,33	11,72
14,75	0,0271	0,0750	0,1171	6,24	11,55
15,00	0,0268	0,0741	0,1157	6,15	11,39
15,25	0,0264	0,0732	0,1143	6,06	11,23
15,50	0,0261	0,0723	0,1129	5,98	11,08
15,75	0,0257	0,0714	0,1116	5,90	10,93
16,00	0,0254	0,0705	0,1103	5,82	10,78

R = 0,20 (continuação)

TABELA II.4

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2319	0,5181	0,7672	81,06	97,78
0,25	0,1868	0,4192	0,6102	55,61	82,53
0,50	0,1617	0,3702	0,5380	45,97	72,73
0,75	0,1444	0,3361	0,4890	39,93	65,45
1,00	0,1314	0,3099	0,4518	35,59	59,71
1,25	0,1210	0,2887	0,4219	32,25	55,02
1,50	0,1125	0,2710	0,3969	29,57	51,09
1,75	0,1053	0,2558	0,3755	27,36	47,74
2,00	0,0991	0,2426	0,3569	25,48	44,83
2,25	0,0937	0,2309	0,3405	23,88	42,29
2,50	0,0889	0,2205	0,3259	22,48	40,03
2,75	0,0846	0,2112	0,3128	21,24	38,02
3,00	0,0808	0,2027	0,3008	20,15	36,21
3,25	0,0773	0,1950	0,2899	19,17	34,58
3,50	0,0741	0,1879	0,2799	18,29	33,09
3,75	0,0713	0,1813	0,2707	17,49	31,73
4,00	0,0686	0,1753	0,2621	16,76	30,48
4,25	0,0662	0,1697	0,2542	16,09	29,33
4,50	0,0639	0,1645	0,2468	15,47	28,27
4,75	0,0618	0,1596	0,2398	14,91	27,28
5,00	0,0598	0,1550	0,2333	14,38	26,36
5,25	0,0580	0,1507	0,2272	13,89	25,50
5,50	0,0562	0,1467	0,2214	13,44	24,70
5,75	0,0546	0,1429	0,2160	13,01	23,95
6,00	0,0531	0,1393	0,2108	12,61	23,25
6,25	0,0517	0,1359	0,2059	12,24	22,58
6,50	0,0503	0,1326	0,2013	11,89	21,96
6,75	0,0490	0,1295	0,1968	11,56	21,36
7,00	0,0478	0,1266	0,1926	11,24	20,80
7,25	0,0466	0,1238	0,1886	10,95	20,27
7,50	0,0455	0,1211	0,1847	10,67	19,77
7,75	0,0445	0,1186	0,1810	10,40	19,29
8,00	0,0435	0,1162	0,1775	10,15	18,83

 $R = 0,30$

TABELA III. 4a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0425	0,1138	0,1741	9,91	18,40
8,50	0,0416	0,1116	0,1709	9,68	17,98
8,75	0,0407	0,1094	0,1678	9,46	17,59
9,00	0,0399	0,1074	0,1648	9,25	17,21
9,25	0,0391	0,1054	0,1619	9,05	16,84
9,50	0,0383	0,1035	0,1591	8,86	16,50
9,75	0,0376	0,1016	0,1564	8,68	16,16
10,00	0,0369	0,0999	0,1538	8,50	15,84
10,25	0,0362	0,0982	0,1513	8,34	15,54
10,50	0,0355	0,0965	0,1489	8,17	15,24
10,75	0,0349	0,0949	0,1466	8,02	14,96
11,00	0,0343	0,0934	0,1443	7,87	14,68
11,25	0,0337	0,0919	0,1422	7,72	14,42
11,50	0,0331	0,0905	0,1400	7,59	14,16
11,75	0,0326	0,0891	0,1380	7,45	13,92
12,00	0,0321	0,0877	0,1360	7,32	13,68
12,25	0,0315	0,0864	0,1341	7,20	13,45
12,50	0,0310	0,0852	0,1322	7,08	13,23
12,75	0,0306	0,0839	0,1304	6,96	13,02
13,00	0,0301	0,0827	0,1286	6,85	12,81
13,25	0,0296	0,0816	0,1269	6,74	12,61
13,50	0,0292	0,0804	0,1252	6,64	12,41
13,75	0,0288	0,0794	0,1236	6,53	12,22
14,00	0,0284	0,0783	0,1220	6,43	12,04
14,25	0,0280	0,0772	0,1205	6,34	11,86
14,50	0,0276	0,0762	0,1190	6,25	11,69
14,75	0,0272	0,0753	0,1175	6,15	11,52
15,00	0,0268	0,0743	0,1161	6,07	11,36
15,25	0,0265	0,0734	0,1147	5,98	11,20
15,50	0,0261	0,0725	0,1134	5,90	11,05
15,75	0,0258	0,0716	0,1120	5,82	10,90
16,00	0,0254	0,0707	0,1107	5,74	10,76
R = 0,30 (continuação)					

TABELA III.5

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2337	0,5208	0,7692	80,77	97,77
0,25	0,1882	0,4216	0,6123	55,16	82,47
0,50	0,1628	0,3723	0,5401	45,54	72,65
0,75	0,1453	0,3380	0,4911	39,53	65,36
1,00	0,1321	0,3116	0,4538	35,22	59,62
1,25	0,1217	0,2903	0,4238	31,90	54,93
1,50	0,1130	0,2724	0,3987	29,24	51,00
1,75	0,1058	0,2571	0,3773	27,05	47,65
2,00	0,0995	0,2438	0,3586	25,19	44,75
2,25	0,0940	0,2321	0,3422	23,60	42,20
2,50	0,0892	0,2216	0,3275	22,21	39,95
2,75	0,0849	0,2122	0,3143	20,99	37,94
3,00	0,0811	0,2037	0,3023	19,91	36,14
3,25	0,0776	0,1959	0,2913	18,94	34,50
3,50	0,0744	0,1888	0,2813	18,07	33,02
3,75	0,0715	0,1822	0,2720	17,28	31,66
4,00	0,0688	0,1761	0,2634	16,55	30,41
4,25	0,0663	0,1705	0,2554	15,89	29,26
4,50	0,0641	0,1652	0,2480	15,28	28,20
4,75	0,0619	0,1603	0,2410	14,72	27,22
5,00	0,0600	0,1557	0,2344	14,20	26,30
5,25	0,0581	0,1514	0,2283	13,72	25,45
5,50	0,0563	0,1473	0,2225	13,27	24,65
5,75	0,0548	0,1435	0,2170	12,85	23,90
6,00	0,0532	0,1399	0,2118	12,46	23,19
6,25	0,0518	0,1364	0,2069	12,09	22,53
6,50	0,0504	0,1332	0,2022	11,74	21,91
6,75	0,0491	0,1301	0,1977	11,41	21,31
7,00	0,0479	0,1271	0,1935	11,10	20,76
7,25	0,0467	0,1243	0,1894	10,81	20,23
7,50	0,0456	0,1216	0,1856	10,54	19,72
7,75	0,0446	0,1190	0,1819	10,27	19,24
8,00	0,0436	0,1166	0,1783	10,02	18,79
$R = 0,40$					

TABELA III.5a

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0426	0,1142	0,1749	9,79	18,35
8,50	0,0417	0,1120	0,1716	9,56	17,94
8,75	0,0408	0,1098	0,1685	9,34	17,55
9,00	0,0400	0,1078	0,1655	9,14	17,17
9,25	0,0392	0,1058	0,1626	8,94	16,81
9,50	0,0384	0,1039	0,1598	8,75	16,46
9,75	0,0377	0,1020	0,1571	8,57	16,13
10,00	0,0369	0,1002	0,1545	8,40	15,81
10,25	0,0363	0,0985	0,1520	8,23	15,50
10,50	0,0356	0,0969	0,1496	8,07	15,20
10,75	0,0350	0,0953	0,1472	7,92	14,92
11,00	0,0344	0,0937	0,1449	7,77	14,65
11,25	0,0338	0,0922	0,1427	7,63	14,38
11,50	0,0332	0,0908	0,1406	7,49	14,13
11,75	0,0326	0,0894	0,1386	7,36	13,89
12,00	0,0321	0,0880	0,1366	7,23	13,65
12,25	0,0316	0,0867	0,1346	7,11	13,42
12,50	0,0311	0,0854	0,1327	6,99	13,20
12,75	0,0306	0,0842	0,1309	6,88	12,99
13,00	0,0301	0,0830	0,1291	6,76	12,78
13,25	0,0297	0,0818	0,1274	6,66	12,58
13,50	0,0292	0,0807	0,1257	6,55	12,38
13,75	0,0288	0,0796	0,1241	6,45	12,20
14,00	0,0284	0,0785	0,1225	6,35	12,01
14,25	0,0280	0,0775	0,1209	6,26	11,64
14,50	0,0276	0,0765	0,1194	6,17	11,66
14,75	0,0272	0,0755	0,1180	6,08	11,50
15,00	0,0269	0,0745	0,1165	5,99	11,34
15,25	0,0265	0,0736	0,1151	5,91	11,18
15,50	0,0261	0,0727	0,1138	5,82	11,02
15,75	0,0258	0,0718	0,1124	5,74	10,87
16,00	0,0255	0,0709	0,1112	5,67	10,73

R = 0,40 (continuação)

TABELA III.6

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2355	0,5233	0,7711	80,51	97,76
0,25	0,1895	0,4238	0,6143	54,75	82,41
0,50	0,1638	0,3743	0,5421	45,14	72,57
0,75	0,1461	0,3398	0,4930	39,16	65,28
1,00	0,1328	0,3133	0,4557	34,87	59,53
1,25	0,1223	0,2918	0,4256	31,58	54,84
1,50	0,1136	0,2738	0,4004	28,94	50,92
1,75	0,1062	0,2584	0,3790	26,77	47,57
2,00	0,0999	0,2450	0,3602	24,93	44,67
2,25	0,0944	0,2332	0,3437	23,35	42,13
2,50	0,0896	0,2227	0,3290	21,97	39,88
2,75	0,0852	0,2132	0,3157	20,76	37,87
3,00	0,0813	0,2046	0,3037	19,69	36,07
3,25	0,0778	0,1968	0,2927	18,73	34,43
3,50	0,0746	0,1896	0,2826	17,87	32,95
3,75	0,0717	0,1830	0,2732	17,08	31,59
4,00	0,0690	0,1769	0,2646	16,37	30,35
4,25	0,0665	0,1712	0,2566	15,71	29,20
4,50	0,0642	0,1659	0,2491	15,11	28,14
4,75	0,0621	0,1610	0,2421	14,56	27,16
5,00	0,0601	0,1564	0,2355	14,04	26,25
5,25	0,0583	0,1520	0,2293	13,56	25,39
5,50	0,0565	0,1479	0,2235	13,12	24,59
5,75	0,0549	0,1441	0,2180	12,70	23,85
6,00	0,0533	0,1404	0,2127	12,32	23,14
6,25	0,0519	0,1369	0,2078	11,95	22,48
6,50	0,0505	0,1337	0,2031	11,61	21,86
6,75	0,0492	0,1305	0,1986	11,28	21,27
7,00	0,0480	0,1276	0,1943	10,98	20,71
7,25	0,0468	0,1248	0,1903	10,69	20,18
7,50	0,0457	0,1221	0,1864	10,41	19,68
7,75	0,0447	0,1194	0,1826	10,15	19,20
8,00	0,0437	0,1170	0,1791	9,91	18,75
R = 0,50					

TABELA III.6a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0427	0,1147	0,1757	9,67	18,31
8,50	0,0418	0,1124	0,1724	9,45	17,90
8,75	0,0409	0,1102	0,1692	9,23	17,51
9,00	0,0400	0,1081	0,1662	9,03	17,13
9,25	0,0392	0,1061	0,1633	8,84	16,77
9,50	0,0385	0,1042	0,1604	8,65	16,42
9,75	0,0377	0,1023	0,1577	8,47	16,09
10,00	0,0370	0,1006	0,1551	8,30	15,77
10,25	0,0363	0,0988	0,1526	8,14	15,47
10,50	0,0357	0,0972	0,1502	7,98	15,17
10,75	0,0350	0,0956	0,1478	7,83	14,89
11,00	0,0344	0,0940	0,1455	7,68	14,62
11,25	0,0338	0,0925	0,1433	7,54	14,35
11,50	0,0332	0,0910	0,1412	7,40	14,10
11,75	0,0327	0,0896	0,1391	7,27	13,85
12,00	0,0321	0,0883	0,1371	7,15	13,62
12,25	0,0316	0,0870	0,1351	7,03	13,39
12,50	0,0311	0,0857	0,1332	6,91	13,17
12,75	0,0306	0,0844	0,1314	6,79	12,96
13,00	0,0302	0,0832	0,1296	6,68	12,75
13,25	0,0297	0,0821	0,1279	6,58	12,55
13,50	0,0293	0,0809	0,1262	6,48	12,36
13,75	0,0288	0,0798	0,1245	6,38	12,17
14,00	0,0284	0,0787	0,1229	6,28	11,99
14,25	0,0280	0,0777	0,1214	6,19	11,81
14,50	0,0276	0,0767	0,1199	6,09	11,64
14,75	0,0273	0,0757	0,1184	6,01	11,47
15,00	0,0269	0,0747	0,1170	5,92	11,31
15,25	0,0265	0,0738	0,1155	5,84	11,15
15,50	0,0262	0,0729	0,1142	5,76	11,00
15,75	0,0258	0,0720	0,1128	5,68	10,85
16,00	0,0255	0,0711	0,1115	5,60	10,71
R = 0,50 (continuação)					

TABELA III.7

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2371	0,5256	0,7728	80,27	97,75
0,25	0,1908	0,4260	0,6162	54,37	82,36
0,50	0,1648	0,3761	0,5440	44,78	72,50
0,75	0,1470	0,3415	0,4948	38,82	65,20
1,00	0,1335	0,3148	0,4574	34,56	59,45
1,25	0,1228	0,2932	0,4273	31,29	54,76
1,50	0,1141	0,2751	0,4021	28,67	50,84
1,75	0,1067	0,2597	0,3805	26,50	47,49
2,00	0,1003	0,2462	0,3618	24,68	44,59
2,25	0,0948	0,2343	0,3452	23,11	42,05
2,50	0,0899	0,2237	0,3304	21,75	39,81
2,75	0,0855	0,2142	0,3171	20,55	37,80
3,00	0,0816	0,2055	0,3050	19,49	36,00
3,25	0,0781	0,1977	0,2939	18,54	34,37
3,50	0,0748	0,1905	0,2838	17,68	32,89
3,75	0,0719	0,1838	0,2744	16,90	31,53
4,00	0,0692	0,1776	0,2658	16,20	30,29
4,25	0,0667	0,1719	0,2577	15,55	29,15
4,50	0,0644	0,1666	0,2502	14,95	28,09
4,75	0,0623	0,1616	0,2431	14,40	27,11
5,00	0,0603	0,1570	0,2365	13,89	26,19
5,25	0,0584	0,1526	0,2303	13,42	25,34
5,50	0,0567	0,1485	0,2244	12,98	24,55
5,75	0,0550	0,1446	0,2189	12,57	23,80
6,00	0,0535	0,1409	0,2136	12,18	23,10
6,25	0,0520	0,1375	0,2087	11,82	22,44
6,50	0,0506	0,1342	0,2039	11,48	21,81
6,75	0,0493	0,1310	0,1994	11,16	21,22
7,00	0,0481	0,1280	0,1951	10,86	20,67
7,25	0,0469	0,1252	0,1910	10,57	20,14
7,50	0,0458	0,1225	0,1871	10,30	19,64
7,75	0,0447	0,1199	0,1834	10,04	19,16
8,00	0,0437	0,1174	0,1798	9,80	18,71
$R = 0,60$					

TABELA III.7a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0428	0,1150	0,1764	9,57	18,28
8,50	0,0418	0,1128	0,1731	9,35	17,86
8,75	0,0410	0,1106	0,1699	9,13	17,47
9,00	0,0401	0,1085	0,1668	8,93	17,09
9,25	0,0393	0,1065	0,1639	8,74	16,73
9,50	0,0385	0,1045	0,1611	8,56	16,39
9,75	0,0378	0,1027	0,1583	8,38	16,06
10,00	0,0371	0,1009	0,1557	8,21	15,74
10,25	0,0364	0,0991	0,1532	8,05	15,43
10,50	0,0357	0,0975	0,1507	7,89	15,14
10,75	0,0351	0,0958	0,1484	7,74	14,86
11,00	0,0345	0,0943	0,1461	7,60	14,58
11,25	0,0339	0,0928	0,1438	7,46	14,32
11,50	0,0333	0,0913	0,1417	7,32	14,07
11,75	0,0327	0,0899	0,1396	7,19	13,83
12,00	0,0322	0,0885	0,1376	7,07	13,59
12,25	0,0317	0,0872	0,1356	6,95	13,36
12,50	0,0312	0,0859	0,1337	6,83	13,14
12,75	0,0307	0,0847	0,1319	6,72	12,93
13,00	0,0302	0,0835	0,1301	6,61	12,72
13,25	0,0298	0,0823	0,1283	6,51	12,52
13,50	0,0293	0,0811	0,1266	6,41	12,33
13,75	0,0289	0,0800	0,1250	6,31	12,14
14,00	0,0284	0,0789	0,1234	6,21	11,96
14,25	0,0281	0,0779	0,1218	6,12	11,78
14,50	0,0277	0,0769	0,1203	6,03	11,61
14,75	0,0273	0,0759	0,1188	5,94	11,45
15,00	0,0269	0,0749	0,1173	5,86	11,29
15,25	0,0266	0,0740	0,1159	5,77	11,13
15,50	0,0262	0,0730	0,1146	5,69	10,98
15,75	0,0258	0,0721	0,1132	5,62	10,83
16,00	0,0255	0,0713	0,1119	5,54	10,68
R = 0,60 (continuação)					

TABELA III.8

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2387	0,5278	0,7744	80,05	97,74
0,25	0,1921	0,4279	0,6179	54,02	82,31
0,50	0,1658	0,3779	0,5457	44,45	72,44
0,75	0,1477	0,3431	0,4965	38,51	65,13
1,00	0,1342	0,3163	0,4591	34,27	59,38
1,25	0,1234	0,2946	0,4289	31,02	54,69
1,50	0,1145	0,2764	0,4036	28,41	50,76
1,75	0,1071	0,2608	0,3820	26,26	47,42
2,00	0,1007	0,2473	0,3632	24,45	44,52
2,25	0,0951	0,2354	0,3466	22,90	41,98
2,50	0,0902	0,2247	0,3318	21,55	39,74
2,75	0,0858	0,2151	0,3184	20,36	37,74
3,00	0,0819	0,2064	0,3062	19,30	35,94
3,25	0,0783	0,1985	0,2952	18,36	34,31
3,50	0,0751	0,1912	0,2850	17,51	32,83
3,75	0,0721	0,1845	0,2756	16,74	31,48
4,00	0,0694	0,1784	0,2669	16,04	30,24
4,25	0,0669	0,1726	0,2588	15,40	29,09
4,50	0,0646	0,1673	0,2512	14,80	28,04
4,75	0,0624	0,1623	0,2441	14,26	27,06
5,00	0,0604	0,1576	0,2375	13,76	26,14
5,25	0,0585	0,1532	0,2312	13,29	25,29
5,50	0,0568	0,1490	0,2253	12,85	24,50
5,75	0,0551	0,1451	0,2198	12,44	23,75
6,00	0,0536	0,1414	0,2145	12,06	23,05
6,25	0,0521	0,1380	0,2095	11,70	22,39
6,50	0,0507	0,1346	0,2047	11,37	21,77
6,75	0,0494	0,1315	0,2002	11,05	21,18
7,00	0,0482	0,1285	0,1959	10,75	20,63
7,25	0,0470	0,1256	0,1918	10,47	20,10
7,50	0,0459	0,1229	0,1879	10,20	19,60
7,75	0,0448	0,1203	0,1841	9,94	19,12
8,00	0,0438	0,1178	0,1805	9,70	18,67
$R = 0,70$					

TABELA III.8a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0428	0,1154	0,1770	9,47	18,24
8,50	0,0419	0,1131	0,1737	9,25	17,83
8,75	0,0410	0,1109	0,1705	9,04	17,44
9,00	0,0402	0,1088	0,1675	8,84	17,06
9,25	0,0394	0,1068	0,1645	8,65	16,70
9,50	0,0386	0,1049	0,1617	8,47	16,36
9,75	0,0378	0,1030	0,1589	8,29	16,02
10,00	0,0371	0,1012	0,1563	8,13	15,71
10,25	0,0364	0,0994	0,1537	7,97	15,40
10,50	0,0357	0,0977	0,1513	7,81	15,11
10,75	0,0351	0,0961	0,1489	7,66	14,83
11,00	0,0345	0,0946	0,1466	7,52	14,56
11,25	0,0339	0,0930	0,1443	7,38	14,29
11,50	0,0333	0,0916	0,1422	7,25	14,04
11,75	0,0327	0,0902	0,1401	7,12	13,80
12,00	0,0322	0,0888	0,1381	7,00	13,56
12,25	0,0317	0,0874	0,1361	6,88	13,34
12,50	0,0312	0,0862	0,1342	6,76	13,12
12,75	0,0307	0,0849	0,1323	6,65	12,90
13,00	0,0303	0,0837	0,1305	6,54	12,70
13,25	0,0298	0,0825	0,1287	6,44	12,50
13,50	0,0293	0,0814	0,1270	6,34	12,31
13,75	0,0289	0,0802	0,1254	6,24	12,12
14,00	0,0285	0,0792	0,1238	6,15	11,94
14,25	0,0281	0,0781	0,1222	6,06	11,76
14,50	0,0277	0,0771	0,1207	5,97	11,59
14,75	0,0273	0,0761	0,1191	5,88	11,42
15,00	0,0269	0,0751	0,1177	5,80	11,26
15,25	0,0266	0,0741	0,1163	5,71	11,11
15,50	0,0262	0,0732	0,1149	5,64	10,95
15,75	0,0259	0,0723	0,1136	5,56	10,81
16,00	0,0256	0,0714	0,1122	5,48	10,66

R = 0,70 (continuação)

TABELA III.9

K_0	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2402	0,5299	0,7759	79,85	97,74
0,25	0,1933	0,4298	0,6194	53,70	82,27
0,50	0,1667	0,3796	0,5473	44,14	72,37
0,75	0,1485	0,3446	0,4981	38,22	65,06
1,00	0,1348	0,3177	0,4606	34,00	59,31
1,25	0,1239	0,2959	0,4304	30,76	54,62
1,50	0,1150	0,2776	0,4051	28,17	50,70
1,75	0,1075	0,2620	0,3835	26,04	47,35
2,00	0,1010	0,2484	0,3646	24,24	44,45
2,25	0,0954	0,2363	0,3479	22,70	41,92
2,50	0,0905	0,2256	0,3330	21,36	39,68
2,75	0,0860	0,2160	0,3196	20,18	37,67
3,00	0,0821	0,2073	0,3074	19,13	35,88
3,25	0,0785	0,1993	0,2963	18,19	34,25
3,50	0,0753	0,1920	0,2861	17,35	32,77
3,75	0,0723	0,1853	0,2767	16,59	31,42
4,00	0,0695	0,1790	0,2679	15,89	30,18
4,25	0,0670	0,1733	0,2598	15,25	29,04
4,50	0,0647	0,1679	0,2522	14,67	27,99
4,75	0,0626	0,1629	0,2451	14,13	27,01
5,00	0,0605	0,1582	0,2384	13,63	26,10
5,25	0,0587	0,1537	0,2321	13,16	25,25
5,50	0,0569	0,1496	0,2262	12,73	24,45
5,75	0,0552	0,1456	0,2206	12,33	23,71
6,00	0,0537	0,1419	0,2153	11,95	23,01
6,25	0,0522	0,1384	0,2103	11,59	22,35
6,50	0,0508	0,1351	0,2055	11,26	21,73
6,75	0,0495	0,1319	0,2010	10,94	21,15
7,00	0,0483	0,1289	0,1966	10,65	20,59
7,25	0,0471	0,1260	0,1925	10,37	20,06
7,50	0,0460	0,1233	0,1886	10,10	19,56
7,75	0,0449	0,1207	0,1848	9,85	19,09
8,00	0,0438	0,1182	0,1811	9,61	18,64

 $R = 0,80$

TABELA III. 9a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0429	0,1158	0,1777	9,38	18,21
8,50	0,0420	0,1135	0,1743	9,16	17,80
8,75	0,0411	0,1113	0,1711	8,96	17,40
9,00	0,0402	0,1092	0,1681	8,76	17,03
9,25	0,0394	0,1071	0,1651	8,57	16,67
9,50	0,0386	0,1052	0,1622	8,39	16,32
9,75	0,0379	0,1033	0,1595	8,21	15,99
10,00	0,0372	0,1015	0,1568	8,05	15,68
10,25	0,0365	0,0997	0,1543	7,89	15,37
10,50	0,0358	0,0980	0,1518	7,74	15,08
10,75	0,0352	0,0964	0,1494	7,59	14,80
11,00	0,0345	0,0948	0,1471	7,45	14,53
11,25	0,0339	0,0933	0,1448	7,31	14,27
11,50	0,0334	0,0918	0,1427	7,18	14,02
11,75	0,0328	0,0904	0,1406	7,05	13,77
12,00	0,0323	0,0890	0,1385	6,93	13,54
12,25	0,0318	0,0877	0,1365	6,81	13,31
12,50	0,0312	0,0864	0,1346	6,70	13,09
12,75	0,0308	0,0851	0,1327	6,59	12,88
13,00	0,0303	0,0839	0,1309	6,48	12,67
13,25	0,0298	0,0827	0,1292	6,38	12,48
13,50	0,0294	0,0816	0,1275	6,28	12,28
13,75	0,0290	0,0804	0,1258	6,18	12,10
14,00	0,0285	0,0793	0,1242	6,09	11,91
14,25	0,0281	0,0783	0,1226	6,00	11,74
14,50	0,0277	0,0773	0,1210	5,91	11,57
14,75	0,0273	0,0762	0,1195	5,82	11,40
15,00	0,0270	0,0753	0,1181	5,74	11,24
15,25	0,0266	0,0743	0,1167	5,66	11,09
15,50	0,0263	0,0734	0,1153	5,58	10,93
15,75	0,0259	0,0725	0,1139	5,50	10,79
16,00	0,0256	0,0716	0,1126	5,43	10,64

R = 0,80 (continuação)

TABELA III.10

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2417	0,5318	0,7773	79,66	97,73
0,25	0,1944	0,4316	0,6210	53,40	82,22
0,50	0,1676	0,3812	0,5488	43,85	72,32
0,75	0,1492	0,3461	0,4997	37,95	64,99
1,00	0,1354	0,3190	0,4621	33,75	59,24
1,25	0,1244	0,2971	0,4319	30,53	54,55
1,50	0,1154	0,2788	0,4065	27,95	50,63
1,75	0,1079	0,2631	0,3848	25,83	47,29
2,00	0,1014	0,2494	0,3659	24,04	44,39
2,25	0,0957	0,2373	0,3492	22,51	41,86
2,50	0,0907	0,2265	0,3343	21,18	39,62
2,75	0,0863	0,2168	0,3208	20,01	37,62
3,00	0,0823	0,2081	0,3086	18,97	35,82
3,25	0,0787	0,2001	0,2974	18,04	34,20
3,50	0,0755	0,1927	0,2872	17,20	32,72
3,75	0,0725	0,1860	0,2777	16,44	31,37
4,00	0,0697	0,1797	0,2689	15,75	30,13
4,25	0,0672	0,1739	0,2608	15,12	29,00
4,50	0,0649	0,1685	0,2531	14,54	27,94
4,75	0,0627	0,1634	0,2460	14,00	26,96
5,00	0,0607	0,1587	0,2393	13,51	26,05
5,25	0,0588	0,1543	0,2330	13,05	25,21
5,50	0,0570	0,1501	0,2271	12,62	24,41
5,75	0,0553	0,1461	0,2214	12,22	23,67
6,00	0,0538	0,1424	0,2161	11,84	22,97
6,25	0,0523	0,1389	0,2111	11,49	22,31
6,50	0,0509	0,1355	0,2063	11,16	21,69
6,75	0,0496	0,1323	0,2017	10,85	21,11
7,00	0,0484	0,1293	0,1973	10,55	20,55
7,25	0,0472	0,1264	0,1932	10,27	20,03
7,50	0,0460	0,1237	0,1892	10,01	19,53
7,75	0,0450	0,1210	0,18,54	9,76	19,06
8,00	0,0404	0,1185	0,1818	9,52	18,61

 $R = 0,80$

TABELA III.10a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0430	0,1161	0,1782	9,30	18,18
8,50	0,0420	0,1138	0,1749	9,08	17,76
8,75	0,0412	0,1116	0,1717	8,88	17,37
9,00	0,0403	0,1095	0,1686	8,68	17,00
9,25	0,0395	0,1074	0,1657	8,49	16,64
9,50	0,0387	0,1055	0,1628	8,31	16,30
9,75	0,0379	0,1036	0,1600	8,14	15,97
10,00	0,0372	0,1017	0,1574	7,98	15,65
10,25	0,0365	0,1000	0,1548	7,82	15,35
10,50	0,0359	0,0983	0,1523	7,67	15,05
10,75	0,0352	0,0966	0,1499	7,52	14,77
11,00	0,0346	0,0951	0,1476	7,38	14,50
11,25	0,0340	0,0935	0,1453	7,25	14,24
11,50	0,0334	0,0921	0,1431	7,11	13,99
11,75	0,0329	0,0906	0,1410	6,99	13,75
12,00	0,0323	0,0892	0,1389	6,87	13,51
12,25	0,0318	0,0879	0,1370	6,75	13,29
12,50	0,0313	0,0866	0,1350	6,64	13,07
12,75	0,0308	0,0853	0,1332	6,53	12,86
13,00	0,0303	0,0841	0,1313	6,42	12,65
13,25	0,0299	0,0829	0,1296	6,32	12,45
13,50	0,0294	0,0817	0,1278	6,22	12,26
13,75	0,0290	0,0806	0,1262	6,13	12,07
14,00	0,0286	0,0796	0,1245	6,03	11,89
14,25	0,0282	0,0785	0,1229	5,94	11,72
14,50	0,0278	0,0774	0,1214	5,86	11,55
14,75	0,0274	0,0764	0,1199	5,77	11,38
15,00	0,0270	0,0754	0,1184	5,69	11,22
15,25	0,0266	0,0745	0,1170	5,61	11,07
15,50	0,0263	0,0736	0,1156	5,53	10,91
15,75	0,0259	0,0726	0,1142	5,45	10,77
16,00	0,0256	0,0718	0,1129	5,38	10,62

R = 0,90 (continuação)

TABELA III.11

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
0,00	0,2431	0,5337	0,7786	79,49	97,73
0,25	0,1955	0,4333	0,6224	53,12	82,18
0,50	0,1684	0,3828	0,5503	43,58	72,26
0,75	0,1499	0,3475	0,5011	37,70	64,94
1,00	0,1359	0,3203	0,4636	33,51	59,18
1,25	0,1249	0,2983	0,4332	30,31	54,49
1,50	0,1158	0,2799	0,4079	27,75	50,57
1,75	0,1082	0,2641	0,3861	25,64	47,22
2,00	0,1017	0,2503	0,3672	23,86	44,33
2,25	0,0960	0,2382	0,3504	22,34	41,80
2,50	0,0910	0,2274	0,3354	21,01	39,56
2,75	0,0865	0,2176	0,3219	19,85	37,56
3,00	0,0825	0,2088	0,3097	18,82	35,77
3,25	0,0789	0,2008	0,2985	17,89	34,15
3,50	0,0756	0,1934	0,2882	17,06	32,67
3,75	0,0726	0,1866	0,2787	16,31	31,32
4,00	0,0699	0,1803	0,2699	15,63	30,09
4,25	0,0674	0,1745	0,2617	15,00	28,95
4,50	0,0650	0,1691	0,2540	14,42	27,90
4,75	0,0628	0,1640	0,2469	13,89	26,92
5,00	0,0608	0,1592	0,2402	13,40	26,01
5,25	0,0589	0,1548	0,2338	12,94	25,17
5,50	0,0571	0,1506	0,2279	12,51	24,37
5,75	0,0555	0,1466	0,2222	12,12	23,63
6,00	0,0539	0,1429	0,2169	11,74	22,93
6,25	0,0524	0,1393	0,2118	11,40	22,28
6,50	0,0510	0,1359	0,2070	11,07	21,66
6,75	0,0497	0,1327	0,2024	10,76	21,07
7,00	0,0484	0,1297	0,1980	10,47	20,52
7,25	0,0472	0,1268	0,1938	10,19	20,00
7,50	0,0461	0,1240	0,1899	9,93	19,50
7,75	0,0450	0,1214	0,1860	9,68	19,02
8,00	0,0440	0,1188	0,1824	9,44	18,57
$R = 1,00$					

TABELA III.11a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	M%	$\Delta\%$
8,25	0,0430	0,1164	0,1789	9,22	18,14
8,50	0,0421	0,1141	0,1755	9,01	17,74
8,75	0,0412	0,1119	0,1723	8,80	17,34
9,00	0,0404	0,1098	0,1692	8,61	16,97
9,25	0,0395	0,1077	0,1661	8,42	16,61
9,50	0,0388	0,1057	0,1633	8,24	16,27
9,75	0,0380	0,1038	0,1605	8,07	15,94
10,00	0,0373	0,1020	0,1579	7,91	15,62
10,25	0,0366	0,1002	0,1553	7,75	15,32
10,50	0,0359	0,0985	0,1528	7,60	15,03
10,75	0,0353	0,0969	0,1503	7,46	14,75
11,00	0,0346	0,0953	0,1480	7,32	14,48
11,25	0,0340	0,0938	0,1457	7,18	14,22
11,50	0,0335	0,0923	0,1436	7,05	13,97
11,75	0,0329	0,0908	0,1414	6,93	13,72
12,00	0,0324	0,0894	0,1394	6,81	13,49
12,25	0,0318	0,0881	0,1374	6,69	13,26
12,50	0,0313	0,0868	0,1354	6,58	13,05
12,75	0,0308	0,0855	0,1335	6,47	12,83
13,00	0,0304	0,0842	0,1317	6,37	12,63
13,25	0,0299	0,0831	0,1299	6,27	12,43
13,50	0,0294	0,0819	0,1282	6,17	12,24
13,75	0,0290	0,0808	0,1265	6,07	12,05
14,00	0,0285	0,0797	0,1249	5,98	11,87
14,25	0,0282	0,0786	0,1233	5,89	11,70
14,50	0,0278	0,0776	0,1217	5,81	11,53
14,75	0,0274	0,0766	0,1202	5,72	11,36
15,00	0,0270	0,0756	0,1188	5,64	11,20
15,25	0,0267	0,0746	0,1173	5,56	11,05
15,50	0,0263	0,0737	0,1159	5,48	10,90
15,75	0,0260	0,0728	0,1145	5,41	10,75
16,00	0,0256	0,0719	0,1132	5,34	10,60
R = 1,00 (continuação)					

TABELA IV.3

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	M%	$\Delta\%$
0,00	0,19034	0,42469	0,62811	0,81771	82,46	97,97
0,25	0,15753	0,35484	0,51597	0,66242	58,13	84,79
0,50	0,13792	0,31770	0,46193	0,59173	48,68	73,91
0,75	0,12427	0,29130	0,42443	0,54336	41,97	67,59
1,00	0,11387	0,27070	0,39544	0,50629	36,87	61,61
1,25	0,10555	0,25382	0,37178	0,47622	34,00	56,19
1,50	0,09864	0,23956	0,35182	0,45096	31,06	51,98
1,75	0,09278	0,22725	0,33459	0,42921	29,09	48,76
2,00	0,08770	0,21645	0,31947	0,41016	26,92	45,92
2,25	0,08325	0,20686	0,30603	0,39324	24,78	43,23
2,50	0,07930	0,19825	0,29395	0,37807	23,28	40,36
2,75	0,07576	0,19047	0,28301	0,36433	22,44	39,11
3,00	0,07257	0,18338	0,27304	0,35181	21,64	37,90
3,25	0,06966	0,17689	0,26388	0,34032	20,88	36,74
3,50	0,06701	0,17091	0,25544	0,32973	20,17	35,63
3,75	0,06457	0,16538	0,24762	0,31992	19,51	34,57
4,00	0,06233	0,16025	0,24034	0,31079	18,88	33,56
4,25	0,06024	0,15546	0,23355	0,30226	18,29	32,60
4,50	0,05831	0,15099	0,22719	0,29428	17,74	31,69
4,75	0,05650	0,14679	0,22122	0,28678	17,21	30,82
5,00	0,05482	0,14285	0,21560	0,27972	16,72	30,00
5,25	0,05323	0,13914	0,21029	0,27306	16,25	29,21
5,50	0,05175	0,13563	0,20528	0,26675	15,80	28,46
5,75	0,05035	0,13231	0,20053	0,26078	15,38	27,75
6,00	0,04902	0,12917	0,19601	0,25510	14,99	27,07
6,25	0,04777	0,12618	0,19172	0,24970	14,61	26,43
6,50	0,04659	0,12334	0,18764	0,24456	14,25	25,81
6,75	0,04546	0,12064	0,18374	0,23965	13,90	25,22
7,00	0,04439	0,11806	0,18002	0,23495	13,58	24,65
7,25	0,04338	0,11559	0,17646	0,23047	13,26	24,11
7,50	0,04241	0,11324	0,17305	0,22617	12,97	23,59
7,75	0,04148	0,11098	0,16978	0,22204	12,68	23,09
8,00	0,04060	0,10882	0,16665	0,21808	12,41	22,61

$R = 0,20$

TABELA IV.6

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	M%	$\Delta\%$
0,00	0,19496	0,43232	0,63582	0,82292	81,14	97,86
0,25	0,16139	0,36186	0,52347	0,66850	57,53	83,69
0,50	0,14092	0,32383	0,46886	0,59794	47,67	73,00
0,75	0,12669	0,29676	0,43092	0,54956	41,18	66,64
1,00	0,11590	0,27563	0,40155	0,51241	35,81	60,11
1,25	0,10728	0,25833	0,37756	0,48223	33,20	55,61
1,50	0,10015	0,24371	0,35731	0,45683	30,26	51,58
1,75	0,09410	0,23110	0,33982	0,43493	28,29	47,92
2,00	0,08888	0,22003	0,32446	0,41574	26,33	45,07
2,25	0,08431	0,21021	0,31079	0,39868	23,50	42,41
2,50	0,08026	0,20140	0,29852	0,38336	22,52	40,17
2,75	0,07663	0,19344	0,28739	0,36949	21,69	38,92
3,00	0,07337	0,18619	0,27724	0,35683	20,91	37,70
3,25	0,07040	0,17955	0,26793	0,34521	20,18	36,54
3,50	0,06769	0,17343	0,25933	0,33449	19,48	35,43
3,75	0,06520	0,16778	0,25137	0,32455	18,84	34,37
4,00	0,06291	0,16253	0,24396	0,31530	18,23	33,37
4,25	0,06079	0,15764	0,23705	0,30667	17,65	32,41
4,50	0,05882	0,15307	0,23057	0,29857	17,11	31,50
4,75	0,05698	0,14879	0,22449	0,29097	16,60	30,63
5,00	0,05527	0,14476	0,21876	0,28381	16,12	29,81
5,25	0,05366	0,14097	0,21336	0,27704	15,67	29,03
5,50	0,05215	0,13739	0,20825	0,27064	15,24	28,29
5,75	0,05073	0,13401	0,20341	0,26457	14,83	27,58
6,00	0,04938	0,13080	0,19881	0,25881	14,45	26,90
6,25	0,04812	0,12775	0,19444	0,25332	14,08	26,25
6,50	0,04691	0,12485	0,19028	0,24810	13,73	25,64
6,75	0,04577	0,12210	0,18631	0,24311	13,40	25,05
7,00	0,04469	0,11947	0,18251	0,23834	13,08	24,49
7,25	0,04366	0,11695	0,17889	0,23377	12,78	23,95
7,50	0,04268	0,11455	0,17542	0,22940	12,49	23,43
7,75	0,04174	0,11226	0,17209	0,22521	12,22	22,94
8,00	0,04085	0,11005	0,16889	0,22118	11,96	22,46

$R = 0,50$

TABELA IV.7a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	M%	$\Delta\%$
8,25	0,04006	0,10830	0,16649	0,21823	11,58	21,96
8,50	0,03924	0,10627	0,16352	0,21449	11,34	21,53
8,75	0,03846	0,10431	0,16067	0,21088	11,11	21,11
9,00	0,03770	0,10242	0,15792	0,20741	10,89	20,70
9,25	0,03698	0,10061	0,15527	0,20406	10,68	20,31
9,50	0,03628	0,09886	0,15271	0,20082	10,47	19,94
9,75	0,03561	0,09717	0,15025	0,19770	10,28	19,57
10,00	0,03496	0,09555	0,14786	0,19467	10,09	19,22
10,25	0,03434	0,09398	0,14556	0,19175	9,90	18,89
10,50	0,03374	0,09246	0,14333	0,18892	9,73	18,56
10,75	0,03317	0,09099	0,14117	0,18618	9,56	18,25
11,00	0,03261	0,08957	0,13908	0,18352	9,39	17,94
11,25	0,03207	0,08820	0,13705	0,18095	9,24	17,65
11,50	0,03155	0,08687	0,13508	0,17845	9,08	17,37
11,75	0,03104	0,08558	0,13318	0,17602	8,94	17,09
12,00	0,03056	0,08433	0,13133	0,17366	8,79	16,82
12,25	0,03009	0,08311	0,12953	0,17137	8,65	16,56
12,50	0,02963	0,08194	0,12778	0,16914	8,52	16,31
12,75	0,02918	0,08079	0,12608	0,16698	8,39	16,07
13,00	0,02875	0,07968	0,12443	0,16487	8,26	15,83
13,25	0,02834	0,07860	0,12283	0,16282	8,14	15,60
13,50	0,02793	0,07755	0,12126	0,16082	8,02	15,38
13,75	0,02754	0,07653	0,11974	0,15887	7,91	15,16
14,00	0,02716	0,07554	0,11826	0,15697	7,79	14,95
14,25	0,02679	0,07457	0,11681	0,15512	7,68	14,75
14,50	0,02642	0,07363	0,11540	0,15331	7,58	14,55
14,75	0,02607	0,07271	0,11403	0,15155	7,48	14,35
15,00	0,02573	0,07181	0,11269	0,14983	7,38	14,16
15,25	0,02540	0,07094	0,11138	0,14815	7,28	13,98
15,50	0,02507	0,07009	0,11010	0,14651	7,18	13,80
15,75	0,02476	0,06926	0,10886	0,14491	7,09	13,62
16,00	0,02445	0,06844	0,10764	0,14334	7,00	13,45

R = 0,60 (continuação)

TABELA IV.10

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	M%	$\Delta\%$
0,00	0,20030	0,44066	0,64381	0,82804	80,36	97,82
0,25	0,16585	0,36965	0,53144	0,67473	56,22	82,43
0,50	0,14438	0,33070	0,47636	0,60444	46,15	72,58
0,75	0,12949	0,30292	0,43801	0,55613	39,69	65,70
1,00	0,11824	0,28123	0,40829	0,51897	35,25	59,77
1,25	0,10927	0,26345	0,38397	0,48872	32,11	54,84
1,50	0,10188	0,24844	0,36342	0,46321	29,46	50,96
1,75	0,09562	0,23549	0,34566	0,44120	27,49	47,57
2,00	0,09023	0,22413	0,33005	0,42188	25,54	44,59
2,25	0,08552	0,21405	0,31615	0,40468	22,83	42,48
2,50	0,08135	0,20501	0,30366	0,38923	22,26	39,98
2,75	0,07763	0,19684	0,29233	0,37521	20,95	38,72
3,00	0,07428	0,18940	0,28199	0,36242	20,18	37,50
3,25	0,07124	0,18259	0,27250	0,35067	19,46	36,34
3,50	0,06846	0,17632	0,26374	0,33981	18,79	35,22
3,75	0,06592	0,17052	0,25563	0,32975	18,16	34,17
4,00	0,06358	0,16515	0,24807	0,32037	17,57	33,16
4,25	0,06141	0,16014	0,24102	0,31161	17,01	32,20
4,50	0,05940	0,15545	0,23441	0,30340	16,49	31,30
4,75	0,05753	0,15107	0,22821	0,29569	15,99	30,43
5,00	0,05578	0,14695	0,22236	0,28841	15,53	29,61
5,25	0,05414	0,14307	0,21685	0,28154	15,09	28,83
5,50	0,05260	0,13940	0,21163	0,27504	14,67	28,09
5,75	0,05116	0,13594	0,20669	0,26887	14,28	27,39
6,00	0,04979	0,13266	0,20200	0,26301	13,91	26,71
6,25	0,04850	0,12954	0,19754	0,25743	13,55	26,07
6,50	0,04728	0,12658	0,19329	0,25211	13,21	25,46
6,75	0,04612	0,12376	0,18923	0,24703	12,89	24,87
7,00	0,04502	0,12107	0,18536	0,24218	12,59	24,31
7,25	0,04398	0,11851	0,18166	0,23753	12,30	23,78
7,50	0,04298	0,11606	0,17811	0,23308	12,02	23,26
7,75	0,04203	0,11371	0,17471	0,22881	11,75	22,77
8,00	0,04113	0,11146	0,17145	0,22470	11,50	22,30

$R = 0,90$

TABELA IV.11a

K_o	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	M%	$\Delta\%$
8,25	0,04032	0,10961	0,16888	0,22153	11,16	21,81
8,50	0,03949	0,10753	0,16585	0,21772	10,93	21,38
8,75	0,03869	0,10553	0,16294	0,21405	10,71	20,96
9,00	0,03793	0,10361	0,16014	0,21052	10,50	20,56
9,25	0,03719	0,10176	0,15744	0,20710	10,29	20,17
9,50	0,03649	0,09998	0,15483	0,20381	10,09	19,80
9,75	0,03581	0,09826	0,15231	0,20063	9,90	19,44
10,00	0,03516	0,09661	0,14988	0,19755	9,72	19,09
10,25	0,03453	0,09501	0,14753	0,19457	9,54	18,75
10,50	0,03392	0,09346	0,14525	0,19169	9,38	18,43
10,75	0,03334	0,09197	0,14305	0,18889	9,21	18,12
11,00	0,03278	0,09052	0,14092	0,18619	9,05	17,82
11,25	0,03223	0,08912	0,13885	0,18356	8,90	17,52
11,50	0,03171	0,08777	0,13685	0,18101	8,75	17,24
11,75	0,03120	0,08646	0,13491	0,17854	8,61	16,97
12,00	0,03071	0,08518	0,13302	0,17614	8,47	16,70
12,25	0,03023	0,08395	0,13119	0,17380	8,34	16,44
12,50	0,02977	0,08275	0,12941	0,17153	8,21	16,19
12,75	0,02932	0,08159	0,12768	0,16933	8,08	15,95
13,00	0,02889	0,08046	0,12599	0,16718	7,96	15,72
13,25	0,02846	0,07936	0,12436	0,16509	7,84	15,49
13,50	0,02806	0,07829	0,12276	0,16305	7,73	15,27
13,75	0,02766	0,07726	0,12121	0,16106	7,62	15,05
14,00	0,02727	0,07624	0,11970	0,15913	7,51	14,84
14,25	0,02690	0,07526	0,11823	0,15724	7,40	14,64
14,50	0,02654	0,07430	0,11679	0,15540	7,30	14,44
14,75	0,02618	0,07337	0,11539	0,15361	7,20	14,25
15,00	0,02584	0,07246	0,11403	0,15185	7,11	14,06
15,25	0,02550	0,07157	0,11269	0,15014	7,01	13,88
15,50	0,02517	0,07071	0,11139	0,14847	6,92	13,70
15,75	0,02485	0,06987	0,11012	0,14684	6,83	13,53
16,00	0,02454	0,06904	0,10888	0,14524	6,74	13,36

R = 1,00 (continuação)

APÊNDICE II

PROGRAMA COMPUTACIONAL

```

PROGRAM OUTRIGGER2 (XB2,TAPE6=XB2)

PROGRAMA PARA CALCULO DA POSICAO OTIMA DE COLOCACAO DE 2
*OUTRIGGERS E DE SUA EFICIENCIA

INTEGER      N,NSIG,ITMAX,IER,I,J
REAL         X(2),F(2),PAR(2),FNORM,R(11),XB1(65),XB2(65),
*           KZ(65),M1,M2,XM1(65),XM2(65),DELTA(65),
*           DEL(65),M(65),MP(65),WK(21)
EXTERNAL     FCN

N = 2
DO 10 J = 1,21
10  WK(J) = 0.
NSIG = 4
ITMAX = 200

INICIALIZACAO DAS RAIZES

X(1) = 0.3
X(2) = 0.6

DO 600 I = 1,11
  PAR(1) = (I-1)*0.1
  R(1)   = PAR(1)
  DO 100 J = 1,65
    PAR(2) = (J-1)*0.25
    KZ(J)  = PAR(2)
    CALL ZSPOW (FCN,NSIG,N,ITMAX,PAR,X,FNORM,WK,IER)
    CALL FCN (X,F,N,PAR,M1,M2)
    XB1(J) = X(1)
    XB2(J) = X(2)
    XM1(J) = M1
    XM2(J) = M2
    M(J) = (XM1(J)+XM2(J))/24
    MP(J) = (R(1)+2)/6
    MP(J) = (M(J)/MP(J))*100.
    DELTA(J) = XM1(J)*(1-XB1(J)**2)+XM2(J)*(1-XB2(J)
*           **2)
    DELTA(J) = DELTA(J)/48
    DEL(J) = (4*R(1)+11)/120.
    DEL(J) = (DELTA(J)/DEL(J))*100.
100  CONTINUE

WRITE(6,200)I,R(1)
200  FORMAT(///,22X,'TABELA ',I2,' - R = ',F3.1,///)
WRITE(6,300)
300  FORMAT(4X,'K',5X,'X(1)',4X,'X(2)',5X,'M%',6X,

```

```

      *          'DELTA%' )
      DO 500 J = 1,65
        WRITE(6,400)KZ(J),XB1(J),XB2(J),MP(J),DEL(J)
400      FORMAT(1X,F5.2,2X,F7.5,1X,F7.5,2X,F7.3,2X,F7.3)
500      CONTINUE

C
C
      X(1) = XB1(1)
      X(2) = XB2(1)
600 CONTINUE
      END

C
C
      FUNCAO EXTERNA FCN

C
      SUBROUTINE FCN(X,F,N,PAR,M1,M2)
      INTEGER N
      REAL      X(2),F(2),PAR(2),M1,M11,M12,M2,M21,M22,U1,U11,
      *          U12,U2,U21,U22,T1,T11,T12,T2,T21,T22,V,V1,V2

C
      U1 = (1-PAR(1))*(1-X(2))*(X(2)**4-X(1)**4)+PAR(2)*(1-
      *      X(1)**4))
      U2 = (1-PAR(1))*(1-X(1))*(1-X(2)**4)-(1-X(2))*(1-X(1)
      *      **4)+PAR(2)*(1-X(2)**4))
      T1 = 4*((1-X(2))*(X(2)**3-X(1)**3)+PAR(2)*(1-X(1)**3))
      T2 = 4*((1-X(1))*(1-X(2)**3)-(1-X(2))*(1-X(1)**3)+PAR(2)
      *      *(1-X(2)**3))
      V = PAR(2)**2+PAR(2)*(2-X(1)-X(2))+(1-X(2))*(X(2)-X(1))

C
C
      V1 = X(2)-1-PAR(2)
      U11 = (1-PAR(1))*(4*X(1)**3*(X(2)-1-PAR(2)))
      T11 = 4*(3*X(1)**2*(X(2)-1-PAR(2)))
      U21 = (1-PAR(1))*(4*X(1)**3*(1-X(2))-1+X(2)**4)
      T21 = 4*(3*X(1)**2*(1-X(2))-1+X(2)**3)
      M1 = (U1+T1)/V
      M11 = (V*(U11+T11)-V1*(U1+T1))/V**2
      M21 = (V*(U21+T21)-V1*(U2+T2))/V**2

C
      F(1) = M11*(1-X(1)**2)+M21*(1-X(2)**2)-2*M1*X(1)

C
      V2 = X(1)-2*X(2)+1-PAR(2)
      U12 = (1-PAR(1))*(4*X(2)**3*(1-X(2))-(X(2)**4-X(1)**4))
      T12 = 4*(3*X(2)**2*(1-X(2))-(X(2)**3-X(1)**3))
      U22 = (1-PAR(1))*(4*X(2)**3*(X(1)-1-PAR(2))+1-X(1)**4)
      T22 = 4*(3*X(2)**2*(X(1)-1-PAR(2))+1-X(1)**3)
      M2 = (U2+T2)/V
      M12 = (V*(U12+T12)-V2*(U2+T2))/V**2
      M22 = (V*(U22+T22)-V2*(U2+T2))/V**2

C
      F(2) = M12*(1-X(1)**2)+M22*(1-X(2)**2)-2*M2*X(2)

C
      RETURN
      END

```

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MAGALHÃES, E.M. - "Edifícios de andares múltiplos", fascículo 15, PUC-RJ/USIMEC.
- [2] AÇOMINAS - "Edifícios de andares múltiplos", Coletânea Técnica do Uso do Aço, Vol. 1, 1979.
- [3] TARANAHT, B.S. - "Optimum belt truss locations for high-rise structures", AISC Engineering Journal, Vol. 11, First Quarter, 1974.
- [4] McNABB, J.W. e MUVDI, B.B. - "Drift reduction factors for belted high - rise structures", AISC Engeneering Journal, Vol. 12, N^o 3, Third Quarter, 1975.
- [5] STAFFORD SMITH, B. e NWAKA, I.O. - "The behaviour of multi - outrigger braced tall buildings", American Concrete Institute Special Publication of Papers for Symposium on REinforced Concrete Structures, 1980.
- [6] STAFFORD SMITH, B. e SALIM, I. - "Parameter study of outrigger-braced tall building structures", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 107, N^o ST10, Oct., 1981.
- [7] NBR 6123 - Projeto de Revisão - "Forças devidas ao vento em edificações", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.
- [8] IMSL LIBRARY - "FORTRAN subroutines for mathematics and statistics", Edition 9, 1982.
- [9] NBR 6120 - "Cargas para o cálculo de estruturas de edificações", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1980.
- [10] NBR 8800 - "Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.
- [11] NB 14 - "Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios", Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1968.
- [12] CHANG, F.K. - "Wind and moviment in tall buildings", ASCE, Aug., 1967.

- [13] ACI COMMITTEE 442 - "Response of buildings to lateral loads", Journal ACI, Feb., 1971.
- [14] MARGARIDO, A.F. - "Arranjos estruturais dos edifícios em aço", Seminário Edifícios de Estruturas Metálicas, EPUSP/ABCEM, 1986.
- [15] SCHUELLER, W. - "High-rise building structures", A Wiley Interscience Publication, 1977.
- [16] MELO NETO, R.C. - "Contribuição à classificação dos sistemas de contraventamento e métodos de análise em edifícios de andares múltiplos", Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1987.
- [17] FONSECA, E.A. - "Edifícios elevados estruturados em aço", 3^o Simpósio Uso do Aço na Construção, 1984.
- [18] SORIANO, H.L. - "Notas de aula do curso CQC-793 - Edifícios Altos", COPPE/UFRJ, 1986.
- [19] NBR 6123 - "Forças devidas ao vento em edificações" - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1980
- [20] CATÁLOGO DE PRODUTOS DA AÇOMINAS
- [21] MANUAL DO LORANE LINEAR, UFRGS, 1977.
- [22] TARNAHT, B.S. - "Structural analysis and design of tall buildings" - McGraw-Hill Book Company, 1988.